



TITLE:

牛糞の飼料としての価値とその利用に関する研究(Dissertation_全文)

AUTHOR(S):

石田, 元彦

CITATION:

石田, 元彦. 牛糞の飼料としての価値とその利用に関する研究. 京都大学, 1984, 農学博士

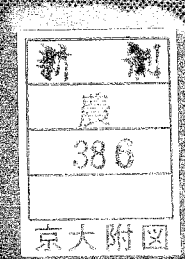
ISSUE DATE:

1984-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k3129>

RIGHT:



牛糞の飼料としての価値と
その利用に関する研究

石 田 元 彦

1984

牛糞の飼料としての価値と
その利用に関する研究

石田 元 彦

—1984—

目 次

第 1 章 緒 論	-----1
-----------	--------

第 2 章 牛糞の飼料成分に関する 研究	-----8
-------------------------	--------

第 1 節 緒 言	-----8
-----------	--------

第 2 節 牛糞中一般成分の組成 と可消化成分	-----9
----------------------------	--------

1. 試験目的	-----9
---------	--------

2. 実験材料と方法	-----9
------------	--------

3. 結 果	-----13
--------	---------

4. 考 察	-----17
--------	---------

第 3 節 牛糞の飼料成分を細胞 膜成分と細胞内容物と に分画する方法の検討	-----22
--	---------

1. 試験目的	-----22
---------	---------

2. 実験材料と方法	-----23
------------	---------

3. 結 果	-----27
--------	---------

4. 考 察	30
第4節 牛糞の細胞膜成分と細胞内容物質分画の消化率	36
1. 試験目的	36
2. 実験材料と方法	37
3. 結 果	40
4. 考 察	43
第5節 牛糞中粗たん白質の特質	47
1. 試験目的	47
2. 実験材料と方法	47
3. 結 果	48
4. 考 察	53
第6節 牛糞中炭水化物の特質	58
1. 試験目的	58
2. 実験材料と方法	58
3. 結 果	60
4. 考 察	66

第7節	牛糞の飼料成分構成に 及ぼす給与飼料条件の 影響	74
1.	試験目的	74
2.	実験材料と方法	75
3.	結果	79
4.	考察	83
第8節	要約	87

第3章	牛糞の飼料価値の簡易推 定法に関する研究	92
-----	-------------------------	----

第1節	緒言	92
第2節	牛糞における可消化有 機物含量と可消化エネ ルギー含量との関係	95
1.	試験目的	95
2.	試験方法	97
3.	結果と考察	97
第3節	人工反すう胃法を用い	

て牛糞の可消化有機物
および可消化エネルギー
を推定する方法の検

討-----101

1. 試験目的-----101

2. 実験材料と方法-----102

3. 結果と考察-----105

第4節 牛糞の細胞内有機物含
量と第一胃細菌に可消
化な細胞膜構成有機物
含量の合計量から可消
化有機物含量を求める

方法の検討-----109

1. 試験目的-----109

2. 実験材料と方法-----111

3. 結果と考察-----112

第5節 細胞膜構成有機物中の
リグニンとケイ酸量か
ら牛糞の可消化有機物
および可消化エネルギー

一を推定する方法の検

討 ----- 115

1. 試験目的 ----- 115

2. 実験材料と方法 ----- 116

3. 結 果 ----- 118

4. 考 察 ----- 121

第6節 細胞内有機物含量によ

って牛糞の可消化エネ

ルギーを推定する方法

の検討 ----- 125

1. 試験目的 ----- 125

2. 実験材料と方法 ----- 126

3. 実験結果と考察 ----- 127

第7節 要 約 ----- 135

第4章 牛糞サイレージの調製と

利用に関する研究 ----- 138

第1節 緒 言 ----- 138

第2節 牛糞の発酵に及ぼす添

加物の影響	140
1. 試験目的	140
2. 実験材料と方法	141
3. 結果	145
4. 考察	152
第3節 牛糞サイレージの大量 調製法とその飼料価値 の検討	157
1. 試験目的	157
2. 実験材料と方法	158
3. 結果	160
4. 考察	164
第4節 牛糞サイレージを肥育 牛に給与した場合の影 響	167
1. 試験目的	167
2. 実験材料と方法	167
3. 結果	170
4. 考察	173
第5節 要約	178

第 5 章 総括と結論 ----- 181

引用文献 ----- 189

略記号一覧表 ----- 194

第1章 緒 論

農業は本来その生産システムに投入されたエネルギー（栄養素）を有効に循環利用して農産物の生産を行うことを基本として成り立っている。畜産経営においても、家畜の排泄物に含まれる成分を土地還元して飼料作物を生産し、これを家畜に給与することによって生産物を得るというサイクルが完結しているときに生産システムに投入する資材を最小にして畜産物の生産を効率よく行うことが可能になる。

ところが、我が国では近年畜産物に対する需要が増大し、それを満たすために海外からの飼料輸入量の増大と畜産経営の専業多頭化を推進することによって畜産物生産量の増大を図ろうとしてきた。このような畜産経営の大型化は同時に耕地面積の拡大を必ずしも伴わなかったために、経営者は生産された排泄物をすべて土地に還元することができず、止むなくそれを焼却したり、最悪の場合には野

外に放置して環境汚染を招くこともあるのが現状である。すなわち、畜産物生産システムに購入飼料という形で投入された資材は有効に循環利用されないばかりでなく、エネルギーをかけて経営外に放出されたり、環境汚染の原因になったりしているとみることができると。したがって、このような畜産物生産システムを続ける限りは購入飼料への依存度は高まり、ひいては飼料の海外依存度は高まるばかりであると考えられる。

近年、家畜排泄物の飼料化に関する研究がアメリカ合衆国などを中心に盛んに行われ始めている。これらの研究で現在までに得られた成果は Smith¹⁾, Bhattacharya and Tayler²⁾ および Smith and Wheeler³⁾ などのすぐれた総説にまとめられている。それらによれば、家畜排泄物を家畜の飼料の一部として家畜に給与すれば排泄物に含まれる栄養素は有効に活用され、家畜の生産能力および生産される畜産物は品質においてまた衛生面においても従来の飼料

を給与した場合とは異なるとするものが多い。そこで、専業多頭化した畜産経営下で生産される大量の排泄物のうち、土地還元できずに余った部分は家畜に再度給与することにより、栄養素の有効な循環利用が可能になるように思われる。

わが国の家畜が年間に排出する糞尿の量を試算した結果は表I-1のようである。

表I-1. わが国の家畜ふん尿に含まれる飼料資源の量(1年間)
単位: 1000トン

家畜の種類 項目	乳用牛	肉用牛	豚	産卵鶏	ブロイラー	計
乾物 ^{a)}	4531	3047	2568	2375	2210	14731
DCP ^{a), b)}	299 (6.4)	201 (4.3)	223 (4.8)	548 (11.8)	444 (9.6)	1715 (36.9)
TDN ^{b)}	2039 (7.7)	1463 (5.6)	1233 (4.7)	1235 (4.7)	1149 (4.4)	7119 (27.1)

注) a) 家畜の飼養頭数は農林水産省統計情報部の畜産統計(昭和58年2月1日現在⁴⁾)より、各家畜の平均的な糞と尿の排出量は檜垣⁵⁾の報告より、また糞と尿の乾物と窒素含量は門谷⁶⁾、和賀井⁷⁾、本村・立小野⁸⁾の報告より求めた。

b) 糞尿混合物の粗たん白質消化率とTDN含量は Bhattacharya²⁾ and Tayler¹⁾ と Smith の総説より求めた

() 内はわが国で昭和58年に消費されるDCPまたはTDNの推定値(飼料便覧(1983年)⁹⁾より求めた)に対する割合(%)である。

この表から、糞尿の排出量は家畜の中では牛で最も高く、年間に産出される牛排泄物に含まれる DCP と TDN 量はわが国の飼料需要量のそれぞれ 10.7 % と 13.3 % に及ぶことがわかる。また、Smith¹⁾ は家畜排泄物は繊維成分の多いものや非たん白態窒素を多く含むものがあり、それらの成分を有効に利用するには反すう動物に給与することが合理的であるとしている。このように、わが国においても家畜排泄物は資源量としてもかなり多いものであり、これを飼料として利用するための必要を感じ本研究に着手した。ただ、本研究においては家畜排泄物のうち、とくに牛糞を中心とし、それを主として反すう家畜用飼料として利用することに重点をおいた。

まず、牛糞を反すう家畜用飼料として有効に活用してゆくためには、それを構成する成分の飼料学的な特質を明らかにする必要があると考えた。また、牛糞が牛の消化残渣であることから牛糞を構成する成分の飼料学的な

特質は牛に給与される飼料条件のちがいに
よって異なるのではないかと考えた。そこで、
まず、牛糞を構成する成分の飼料学的な特質
を明らかにし、さらにその特質に及ぼす給与
飼料条件の影響を、とくに炭水化物に着目し
て検討を行った。それは牛糞を構成する成分
の大部分が炭水化物で占められていたからで
ある。

また、牛糞の飼料価値がかなり大きく変動
することから、これをいちいち動物を用いた
消化試験によるのではなく、実験室内の分析
によって簡易でしかも正確に評価する方法に
ついての研究を試みた。

さらに、牛糞は牛によって必ずしも嗜好性
のよい飼料ではないので、それをサイレージ
にして牛に給与する方法についての研究を試
みた。

牛糞の飼料としての利用に関し、以上の三
つの観点から筆者が研究を進めて得られた成
果をとりまとめたのが本論文である。

なお、本論文では飼料成分分画を示すのに略記号を多く用いた。それで巻末に附表として略記号一覧表を設けた。

本研究を実施するにあたり終始御指導、御教示いただき、また本論文の作成にあたって御校閲いただいた京都大学農学部教授川島良治博士に深謝する。また、研究実行上終始労を惜しまず御指導、御協力いただいた京都大学農学部助教授宮崎昭博士に対して謝意を表す。京都大学農学部附属牧場、京都大学農学部附属農場、京都府立大学農学部附属農場、滋賀県大中の湖農協、同県守山市農協および京都府亀岡市農協の各位には実験試料の採取などに御協力いただいた。また滋賀県大中の湖農協の各位には牛の飼養試験についても御援力をいただいた。さらに肉の味覚の官能試験については京都府立大学生活科学部畑明美博士の御指導、御協力をえた。これらの各位には心から感謝申し上げたい。最後に、実験

遂行上終始有益な示唆と御協力をいただいた
京都大学農学部畜産学科家畜栄養学研究室の
各位に対し深甚の謝意を表する。

第2章 牛糞の飼料成分に関する研究

第1節 緒言

牛糞は現在までに飼料としてはあまり利用されなかったものである。また牛糞は飼料が牛の体内で種々の消化作用を受けたものであるのど、その飼料成分には慣用の飼料とは異なる特質を有するのではないかとも思われる。それど、牛糞を飼料として有効に活用するためには、まずその飼料特性を十分に知り、それに合った利用法を考案する必要がある。

そこで、本章では牛糞の飼料成分の特質について検討を加えた。

第2節 牛糞中一般成分の組成と

可消化成分

1. 試験目的.

本節では牛糞の飼料としての利用に関する研究を始めるにあたり、牛糞が反すう動物に對してどの程度の栄養価を有するのかを知らうとして、給与飼料条件の異なる牛の排出糞の可消化成分を測定した。また、牛糞中一般成分の組成と消化率から牛糞に含まれる飼料成分の特質について検討を加えようとした。

2. 実験材料と方法.

粗飼料を主体とした飼料をほぼ維持要求量程度に給与される牛として肉用種繁殖牛を、またそれに比べて濃厚飼料を多く含む飼料を維持要求量を越えて給与される牛として乳用種泌乳牛と肥育牛を選び、それぞれの牛が排出する糞を採取して実験に供した。

一般分析に供した牛糞は肉用種繁殖牛糞9点、肥育牛糞11点および乳用種泌乳牛糞1点、の計21点であった。これらの牛糞は京都府お

よび滋賀県下の農場または大学の牛舎のコン
クリート床からごきよだけ新鮮なものを選ん
で敷料や飼料の混入のないようにして採取し
た。それらは直ちに実験室内に持ち帰り60℃
の通風乾燥器内で乾燥後、常法¹⁰⁾に従い一般成
分組成を測定した。

ついで、肉用種繁殖牛糞と乳用種泌乳牛糞
のなかから代表的なものそれぞれ1点、肥育
牛糞から2点を選び、さらに参考までに肥育牛
をけい養中のスリコ床牛舎ピット内排泄物を
固液分離した固形部分（以下「固形部分」）
1点をも供試してめん羊による消化試験を実
施した。試験に供した牛糞と固形部分を採取
したときの牛の給与飼料内容などは表Ⅱ-1に
示すようである。試験には牛糞と固形部分を
採取後60から90℃の通風乾燥器内で乾燥して
1mmのフルイを付けたウィレー式粉碎器を通
したものを用いた。消化試験は成めん羊をそ
れぞれ2頭から6頭ずつを用いて行なった。そ
こでは基礎飼料としてオーチャードグラス・

表 II-1. 牛糞を採取した牛の品種、性別、性別、および給与飼料条件などの概要

牛の種類	品種、性別	濃厚飼料		粗飼料		場所
		配合内容	給与量(kg/頭/日) ²⁾	内容	給与量(kg/頭/日) ²⁾	
肉用種 繁殖牛	黒毛和種 雌	普通ふすま	1.1	青州ヒラメコシ・ ソルゴー	20.0	京都大学 附属牧場
肥育牛(a)	ホルスタイン種 去勢牛	$\left\{ \begin{array}{l} \text{粉砕とうもろこし(中目)} 44\% \\ \text{普通ふすま} 18\% \\ \text{圧パン大麦} 12\% \\ \text{肉牛用配合飼料} 26\% \end{array} \right.$	8.6	稲わら	1.0	滋賀県 守山市 農協
肥育牛(b)	ホルスタイン種 去勢牛	肉牛用配合飼料	8.0	稲わら	自由採取	京都府立大学 附属農場
乳用種 泌乳牛	ホルスタイン種 雌	$\left\{ \begin{array}{l} \text{乳牛用配合飼料} 31\% \\ \text{普通ふすま} 5\% \\ \text{ひまわり麦} 3\% \\ \text{圧パン大麦} 3\% \\ \text{圧パンとうもろこし} 3\% \\ \text{ビートパルプ} 7\% \\ \text{ビートル粕} 47\% \end{array} \right.$	19.1	サレージ (イタリアン・イグリス) ビートル麦 アルファルファ・ハイキューブ 稲わら	10.0 1.4 2.0	滋賀県 大甲・湖農協
固形部分	ホルスタイン種 去勢牛	$\left\{ \begin{array}{l} \text{肉牛用配合飼料} 70\% \\ \text{圧パン大麦} 30\% \end{array} \right.$	8.0	稲わら	自由採取	滋賀県 大甲・湖農協

注). 1). 濃厚飼料の配合割合は原物重量比で示す。

2). 給与量は原物重量で示す

チモシー混播牧乾草と普通ふすまを原物重量
比でそれぞれ2対3に混合したものを用い、
試験飼料としては基礎飼料に供試乾燥牛糞ま
たは固形部分を一定割合混合したものを用い
た。この場合、消化率の測定誤差を小さくす
るためには試験飼料に添加する供試品の割合
はできるだけ大きい方がよい。しかし、残飼
がでることは好ましくないため、それぞれの
嗜好性に応じて、肉用種繁殖牛糞と乳用種泌
乳牛糞ではそれぞれ20%、肥育牛糞と固形部
分では50%を基礎飼料に置き換えた。基礎飼
料と試験飼料の一般成分とエネルギーの消化
率は予備期7日間、試験期7日間の全糞採取
¹⁰⁾法によ、2サンプリングした飼料とめん羊糞
の一般成分組成¹⁰⁾と総エネルギー(GE)含量を
測定して求め、牛糞または固形部分のみの各
成分の消化率は基礎飼料の消化率が試験飼料
でも変わらないものとして「差による方法」
によ、2算出した。また、各牛糞と固形部分
ごとに一般成分の含量にそれぞれの消化率を

乗じて可消化成分含量を算出した。なお、GE含量は島津-燃研式自動熱量計CA-2を用いて測定した。

3. 結 果

牛糞の一般成分組成を測定した結果を表II-2に示す。牛糞の水分含量は高く、牧草サイ

表II-2. 牛糞の一般成分組成

	肉用種 繁殖牛糞	肥育牛糞	全 体
分析点数	9	11	21
乾物 (%)	18.6±2.2 ¹⁾	20.3±2.7	19.4±3.0
————— 乾物 % —————			
粗たん白質	11.6±1.5	15.1±1.4 [*]	13.6±2.3
粗脂肪	2.7±0.5	3.1±0.9	2.9±0.7
NFE	42.9±2.2	49.7±7.1 [*]	46.5±6.2
粗繊維	24.0±2.7 [*]	18.1±3.4	20.9±4.2
粗灰分	18.4±3.8 [*]	14.8±1.9	16.3±3.4

注) 1) 平均値±標準偏差

* 肉用種繁殖牛糞と肥育牛糞の間に有意な差
(危険率5%)があることを示す。

¹²⁾
レージに匹敵するものであつた。乾物中の成分組成をみると、牛糞の乾物に多く含まれる成分は NFE と粗繊維であり、この両者が乾物の約 70% を占めていた。また粗灰分も多かったが、一方粗脂肪の含量は平均して 3% と非常に低く、またその変動も小さかつた。牛糞の乾物中成分組成には畜種によつて若干の変動がみられるが、全般的にみると大体開花期のイネ科乾草¹²⁾に近いものであつた。ただ、イネ科乾草に比べると粗繊維含量はやや低い粗灰分が多く含まれてゐた。

乾物中の一般成分組成を肉用種繁殖牛糞と肥育牛糞の間で比較すれば、粗たん白質と可溶性無窒素物 (NFE) は肥育牛糞が高く、粗繊維と粗灰分は肉用種繁殖牛糞が高かつた。

次に消化試験に供した牛糞と固形部分の一般成分の組成、消化率および可消化成分を一括して表 II-3 に示す。牛糞の消化率には大きな変動があり、肥育牛糞の消化率が最も高く、その値は¹²⁾ 稻草や開花期のイネ科乾草¹²⁾

表 II-3. 牛糞の消化率と可消化成分

牛糞の種類 項目	肉用種 繁殖牛糞	肥育牛糞 (a)	肥育牛糞 (b)	乳用種 泌乳牛糞	固形部分
組成, 乾物%					
有機物	86.5	87.6	86.6	86.9	80.9
粗たん白質	13.1	13.7	15.2	16.1	11.8
粗脂肪	2.3	2.1	2.6	2.6	0.5
N F E	42.4	56.7	50.5	44.9	36.6
粗繊維	28.6	15.0	18.2	23.2	31.8
G.E. (Mcal/kg)	4.36	4.48	4.53	4.52	3.92
消化率, %, 平均値±標準偏差 (個体差)					
供試動物数(頭)	4	6	2	3	6
乾物	19.1±3.4	51.7±6.0	39.8±1.8	37.5±5.5	16.2±2.7
有機物	19.7±3.4	56.8±6.0	43.0±2.5	38.5±4.4	14.6±4.9
粗たん白質	23.7±6.8	55.8±4.6	45.2±0.4	36.4±8.8	41.3±3.2
粗脂肪	21.1±15.1	56.1±7.4	69.6±1.9	98.0±47.0	78.0±45.4
N F E	19.9±3.5	64.5±6.4	44.8±2.2	40.8±8.8	11.2±6.6
粗繊維	17.7±8.4	28.6±9.9	36.3±0.4	34.5±8.6	7.4±5.1
エネルギー	19.8±3.1	53.5±6.4	42.5±2.1	39.3±6.7	15.9±4.7
可消化成分, 乾物%					
有機物	17.0	49.7	37.2	33.5	11.8
粗たん白質(DCP)	3.1	7.6	6.8	5.8	4.9
粗脂肪	0.5	1.2	1.8	2.5	0.4
N F E	8.4	36.6	22.6	18.3	4.1
粗繊維	5.1	4.3	6.6	8.0	2.4
T D N	17.7	51.2	40.2	37.9	12.5
DE (Mcal/kg)	0.86	2.40	1.92	1.78	0.62

に近いが、肉用種繁殖牛糞¹²⁾では低く、もみ殻
に近かった。乳用種泌乳牛糞の消化率は両者
の中間であつたが、どちらかと言えば肥育牛
糞に近い値を示した。ただ、牛糞の粗繊維の
消化率は17.7 ~ 36.3 %の間にあり、開花期の
イネ科乾草や稲わらのそれ¹²⁾に比べてかなり低
かった。固形部分の消化率は低く、肉用種繁
殖牛糞のそれに近かったが、その粗たん白質
の消化率は比較的高く肥育牛糞のそれに近か
った。可消化成分をみると、牛糞の可消化成
分のなかではNFEの可消化成分が多いようであ
り、それと粗繊維の可消化成分を合わせると可
消化有機物含量の78.5 ~ 82.1 %を占めて
いた。可消化粗たん白質(DCP)は乾物中3.1 ~
2.6 %の間にあり、肥育牛糞でも、とも高く、
ついで乳用種泌乳牛糞で、肉用種繁殖牛糞でも
、とも低かった。肥育牛糞や乳用種泌乳牛糞
のDCP含量は開花期のイネ科乾草¹²⁾に匹敵する
ものであり、肉用種繁殖牛糞のDCP含量は稲
わらのそれ¹²⁾よりは高かった。可消化養分総量

(TDN) は乾物中 17.7 ~ 51.2 % , 可消化エネルギー (DE) は 0.86 ~ 2.40 Mcal/乾物 kg の間にあり , 肥育牛糞¹²⁾ とも高く , 稲わらから開花期のイネ科乾草¹²⁾ に近いものがあるが , 肉用種繁殖牛糞¹²⁾ よりは低くもみ殻に近かった。固形部分の TDN と DE は低く , 肉用種繁殖牛糞に近いものもあったが , DCP は肥育牛糞に近かった。

4. 考 察

牛糞は水分含量がかなり高いのでそれを飼料として利用するときには取り扱いに不便である。また粗灰分含量の高いことも飼料としては好ましくない。しかし , 牛糞の水分含量は牧草サイレージに近く , 乾物中の粗灰分含量は稲わらに近いものである。また乾物中の組成をみると粗たん白質含量は開花期のイネ科乾草に匹敵し , 炭水化物成分は約 70 % を占めている。牧草サイレージや稲わらが飼料として常用されていることを考えれば牛糞は必ずしも飼料として不向なものということはない。

しかしながら、表Ⅱ-3 に示すように牛糞の消化率には試料によ、て非常に大きな変動がある。当然可消化成分の変動が大きい。このことは現在までに反すう動物に給与して求められた牛糞の可消化成分の報告と同様の結果^{2), 13), 14)} である。これよりみて牛糞の栄養価は種々の要因によ、て変化するようである。その要因の一つとして牛糞を採取した牛に給与されていた飼料の内容が考えられる。本試験でも粗飼料を主体とした飼料を維持要求量程度に給与される肉用種繁殖牛の糞では DCP, TDN 共に低く、濃厚飼料を主体とした飼料を維持要求量を越えた水準で給与される肥育牛ならびに乳用種泌乳牛の糞は DCP, TDN 共に高い。すなわち、濃厚飼料を主体とした飼料を多給与される牛の糞は反すう動物にと、て相対的に高い。いは開花期のイネ科乾草程度の栄養価を有し、乾物消化率も 38~52% と比較的高い。それに対し粗飼料を主体とした飼料を給与される牛からの糞はその栄養価は極めて低く

栄養分の給与という点からはほとんど価値がないと考えられる。

牛糞の乾物中には粗たん白質が比較的多く含まれている。しかし、粗たん白質の消化率には大きな変動がみられる。慣用飼料の粗たん白質はその含量と可消化成分との間に高い正の相関関係のあることが知られている。^{15), 16)}

牛糞の粗たん白質の含量と可消化成分との間の関係は図Ⅱ-1に示すように、両者の間の相関係数は低く、その関係は有意ではない。このことは牛糞中粗たん白質の利用性が一様でないことを示唆している。このことがどのような理由から生じるのかは本試験の結果からは明らかではない。しかし、牛糞の粗たん白質には慣用飼料のそれにはない特質があるように思われるので、そのことについてはさらに検討を行うことにする。

また、牛糞のNFE消化率にも大きな変動がみられた。牛糞のNFE消化率が一定でないことはそのNFEの構成成分が必ずしも一定では

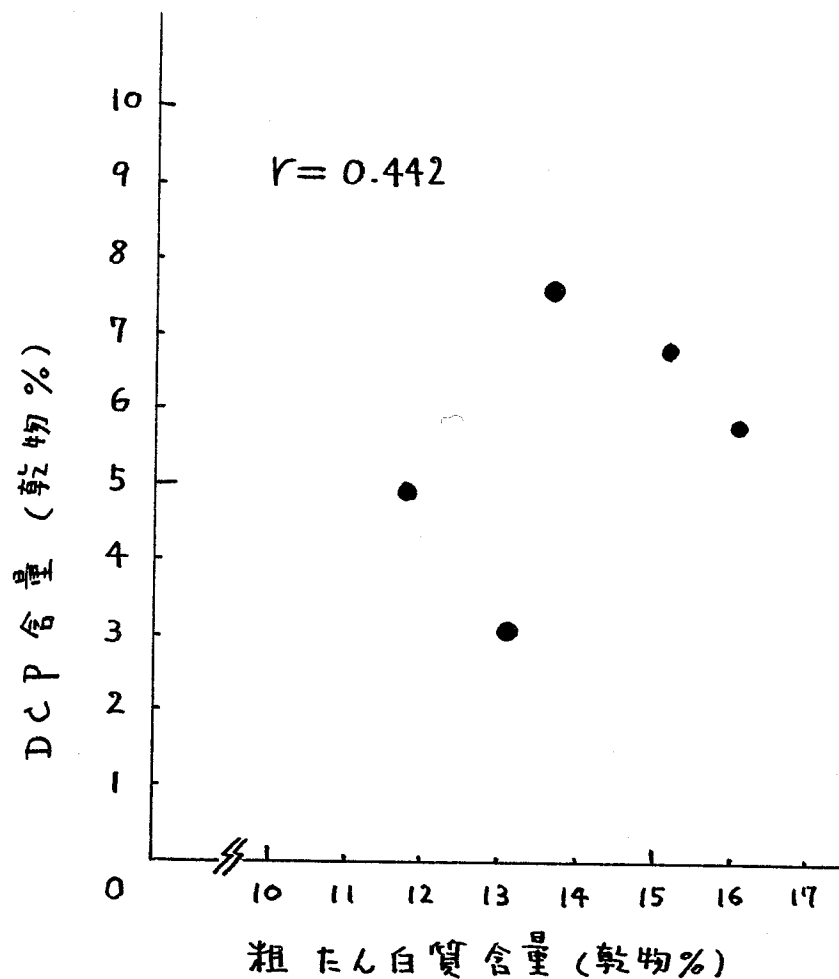


図 II-1. 牛糞の DCP と粗たん白質含量との間の相関

なく変化に豊んだものごあるニとを示唆して
 いる。飼料中炭水化物の特質は飼料分析の一
 般分析法では粗繊維と NFE に分けて評価され
 るが、牛糞ではその方法は適当でないようご
 ある。Kim¹⁷⁾ 等は牛糞のヘミセルロースやリグ
 ニンが粗繊維を定量する際に溶出すると報告

しているのど、牛糞の NFE には易利用性炭水化物の他に構造炭水化物がかなり含まれるのではないかと考えられる。この点についてさらに検討を加える予定である。

第3節 牛糞の飼料成分を細胞膜成分と細胞内容物質とに分画する方法の検討

1. 試験目的

前節で牛糞中飼料成分の特質は一般分析法のみによ、とは必ずしも十分に示されないことが推察された。

近年、飼料成分の特質を一般分析法に比べてより正確に把握する方法として飼料の乾物を細胞膜成分 (Cell wall, CW) と細胞内容物質 (Cellular contents, CC) とに分ける方法が開発されてきている。これはセルロース、ヘミセルロース、リグニンなどの繊維性物質はすべて CW 中におしこめ、CC 中に含まれる糖、でん粉などの非構造的炭水化物と分離するということが粗繊維、NFE のもつ欠陥を克服し家畜への利用性をより明確に示そうとするものである^{15), 18)}。本来この分析法は植物性の粗飼料の評価に用いるために開発されたものである。これに対し牛糞は飼料の不消化物の他に消化管内

で増殖した微生物由来の成分，消化液など消化管へ分泌された成分ならびに消化管壁の脱落による成分などが含まれている。そのためCWとCCとに分画することがどのような意味をもつか不明である。また，CWとCCとに分画する方法としてはデタージェント法（ND法）と酵素法とが用いられており，慣用飼料ではND法と酵素法による分画の差は量的にあまり問題にならないが，家畜糞では酵素法で求められるCWの量がND法によるそれと比べて高いという報告もある。¹⁹⁾

そこで，本節では牛糞の飼料成分を分画するにあたりまずND法と酵素法のいずれの方法で分画するのが適しているのかを知るために両方法によつて分けられるCCとCWに含まれる化学成分を調べるとともに，CW分画の性質をみるために第一胃内細菌による *in vitro* 消化率を比較した。

2. 実験材料と方法

1). 供試牛糞の組成

肉用種繁殖牛糞と肥育牛糞をそれぞれ2点、計4点の牛糞を供した。それらは採取後60℃の通風乾燥器で乾燥後、1mmのフルイを付けたウィレー式粉砕器を通して分析に供した。それらの牛糞について常法¹⁰⁾によつて一般成分を分析するとともに単少糖類、でん粉、リグニン、構造炭水化物の含量をも求めた。単少糖類とでん粉は阿部・堀井の方法²⁰⁾、リグニンは阿部の方法²¹⁾により求めた。構造炭水化物の含量はNFEと粗繊維の合計量から単少糖類、でん粉、リグニンの含量を差し引いて求めた。

2). ND法あるいは酵素法による牛糞のCCとCWの含量測定

試料にND処理あるいは酵素処理したのち、その残渣乾物量を測定してそれぞれのCW含量を求めたが、その方法は阿部・堀井の方法²²⁾に従った。この場合、別に試料の乾物含量¹⁰⁾を測定してCC含量は乾物含量からCW含量を差し引いて求めた。なお肥育牛糞(II)はそのでん粉含量が高いので、 α -アミラーゼによる前処理²²⁾を

施したのうちNDあるいは酵素処理を行った。

3). ND法あるいは酵素法によつて分けられるCCとCWに含まれる化学成分の測定

CCとCWに含まれる有機物、粗たん白質、リグニン、構造炭水化物および粗灰分の含量を求めた。この場合、まずCW中のそれぞれの成分含量を測定して、CC中のそれはもとの試料中含量からCW中の含量を差し引いて求めた。CW中の有機物、粗たん白質および粗灰分の含量は阿部・堀井の方法に従い測定した。CW中リグニン含量は試料をNDまたは酵素処理した残渣について阿部の方法を若干改変したリグニン定量法を適用して測定した。すなわち、エーテルで脱脂した試料をNDまたは酵素処理して残渣をろ紙上にとり、水で洗滌後、残渣にペプシン溶液（ペプシン，1：10000（和光純薬製，化学用）を1%塩酸溶液に1%濃度（ $\frac{w}{v}$ ）となるように溶解したもの）40 mlを吹きつけ100 ml容三角フラスコに移し，それにアルミ箔で栓をして40℃の恒温水槽内で16時間振と

うしながら放置した。つぎに三角フラスコの
内容物を遠心分離して残渣を5%硫酸溶液で
トールビーカーに移し、それを1時間煮沸し
た。トールビーカーの内容物をガラスフィル
ター(IG3)でろ過し残渣を熱水で洗條して乾燥
した。放冷後、ガラスフィルターに72
%硫酸溶液20 mlを加え、4時間室内に放置し
その後ガラスフィルターを吸引しながら熱水
で洗條した。つぎにガラスフィルターを乾燥
後秤量し、つづいて灰化後秤量して秤量値の
前後差をリグニン量としてその含量を求めた。
CW中構造炭水化物はND区と酵素区共にCW中有
機物含量からCW中粗たん白質とリグニンの合
計量を差し引いて求めた。

4). CWの *in vitro* 消化率の測定

試料にNDまたは酵素処理を施してCWを抽出
し、それを第一胃内細菌を用いた人工反すう
胃法に供してCWの *in vitro* 消化率を求めた。第
一胃内細菌液はオーチャードグラス・チモン
ー混播牧乾草と普通ふすまを給与したフィス

テル装着去勢めん羊から朝の給餌前に第一胃内容物を採取してそれから調製したが、その他の実験の方法は阿部・堀井の方法²⁰⁾に従った。

5). 統計処理

得られたデータはNDと酵素処理の効果と牛糞ごとと比較できるように、各牛糞を一つのブロックと考えて乱塊法²³⁾による分散分析して処理間の効果を検定した。

3. 結果

供試した牛糞の一般成分、単少糖類、でん粉、リグニン、構造炭水化物の含量を示すと表II-4のごとくである。またND処理と酵素処理によって分けられるCCとCWの含量を表II-5に示す。CCはND区で高く、逆にCWは酵素区で高く、その差は平均して約16%と大きかった。しかし、ND区のCW含量と酵素区のそれとの間には $r=0.975$ という有意で高い正の相関係数が得られた。(危険率5%)

つぎにCCとCWとに含まれる化学成分をND区と酵素区と比較すれば表II-6のようになる。

表 II-4. 供試牛糞の化学成分組成 (乾物%)

項 目	牛糞の種類		肥 育 牛 糞	
	肉用種繁殖牛糞		(I)	(II)
	(I)	(II)		
有機物	89.5	83.0	86.9	84.0
粗たん白質	13.4	11.2	16.2	16.6
粗脂肪	3.4	2.8	3.6	2.7
N F E	43.6	44.2	48.2	46.8
粗繊維	29.7	24.7	18.8	18.0
粗灰分	10.5	17.0	13.1	16.0
単少糖類	0.1	0.2	0.2	0.4
でん粉	0.1	0.2	0.8	2.9
リグニン	25.4	15.3	9.6	10.7
構造炭水化物	47.7	53.2	56.4	50.8

表 II-5. ND法によつて求めた牛糞中CCとCWの含量と
酵素法によるその比較¹⁾ (乾物%)

成分分画	ND法	酵素法	SE
CC	38.4*	22.7	0.7
CW	61.6	77.3*	0.7

注) 1) 供試牛糞 4点の平均値で示す

* ND法と酵素法の間には有意な差 (危険率5%) のあることを示す

表 II-6. ND 法と酵素法で分けられる CC と CW に
含まれる化学成分の比較¹⁾

		(乾物%)		
処 理		ND法	酵素法	SE
成 分				
CC中				
有機物		27.3 [*]	17.2	0.2
粗たん白質		8.5 [*]	6.4	0.3
リグニン		4.4 [*] (28.8)	1.4(9.2)	0.4
構造炭水化物		10.2 [*] (19.6)	5.2(10.0)	0.4
粗灰分		11.2 [*]	5.5	0.6
CW中				
有機物		58.6	68.6 [*]	0.2
粗たん白質		5.8	7.9 [*]	0.3
リグニン		10.9(71.2)	13.9 [*] (90.8)	0.4
構造炭水化物		41.9(80.4)	46.8 [*] (90.0)	0.4
粗灰分		3.0	8.7 [*]	0.6

注) 1) 供試牛糞 4 点の平均値で示す

* ND 法と酵素法の間には有意な差(危険率 5%)の
あることを示す

() 内はもとの牛糞中成分含量に対する割合(%)

いずれの成分も CC に含まれる量は ND 区で酵素
区よりも高かった。

CW の *in vitro* 消化率とそれに CW 含量を乗じて
求めた CW の可消化成分を ND 区と酵素区で比較
して表 II-7 に示す。 *in vitro* での CW の消化率,
可消化成分とも ND 区で酵素区に比べて高いが,

両者の間には高い正の相関係数が得られた。

表II-7. 牛糞のND処理残渣と酵素処理残渣の *in vitro* 消化率の比較¹⁾

	<i>in vitro</i> CW 消化率 (%)			<i>in vitro</i> CW 可消化成分 (乾物%)		
	ND法	酵素法	SE	ND法	酵素法	SE
	35.2 [*]	20.2	1.8	21.1 [*]	15.2	0.7

ND法(X)と酵素法(Y)との間の						
相 関 係 数	0.990 [*]			0.980 [*]		
回 帰 式	$Y = -3.1 + 0.66X$ [*]			$Y = -2.2 + 0.82X$ [*]		

注) 1) 供試牛糞4点, の平均値

* ND法と酵素法の間には有意な差は相関係数と回帰式が得られることを示す(危険率5%)

4. 考 察

飼料中CW定量法としてのND法と酵素法の比較は Morrison²⁴⁾, 阿部・堀井²²⁾などの研究者によ、て牧草類と濃厚飼料について検討されている。本試験で牛糞のCW含量をND法と酵素法で比較したところ、両方法による差はそれらの報告のものに比べて著しく大きいことが認められた。

そこで牛糞の化学成分がCCへ溶出する量をND区と酵素区との間で比較したが、表II-6に

示すようにいずれの成分もND処理によ、多く
く溶出されていゝ。こゝでND区ではリグニン
と共に粗たん白質と構造炭水化物が酵素区よ
りも多く溶出していゝ。一般に飼料中細胞膜
構成物質の有機物成分は構造炭水化物やたん
白質がリグニンと結合した形で形成されてい
ると考えられる。飼料中のリグニンはND処理
によ、その一部が溶出すると言われ²⁴⁾ていゝ
ので、ND処理ではリグニンの溶出に伴、構造
炭水化物やたん白質の溶出が進むものと考
えられる。さらに、牛糞は飼料消化残渣の他
に消化管内の細菌残渣と内因性排出物から構
成されていゝ。²⁵⁾Mason はめん羊糞中の窒素成
分のうち飼料消化残渣に由来しない窒素成分
の大部分は第一胃内で合成された細菌が下部
消化管内で消化されたものの残渣に含まれる
ものであると報告していゝ。第一胃内細菌の
消化残渣は細菌の細胞膜からなると考えられ
るが、それはペプシンなどの酵素によ、それは
消化されない^{26),27)}ので、本試験で用いたたん白

質分解酵素（プロナーゼ）によ、こも消化されないと考えられる。しかし、反すう動物の糞中細菌残渣はND処理によ、こ溶出される。^{25), 26)}牛糞中粗たん白質がND処理で酵素処理よりも多く溶出されるのは一部これによるのかもしれない。これらのことから、ND処理が酵素処理よりも多くの有機物を溶出するのは必ずしも牛糞に限ったことではないかもしれないが、牛糞には一般にリグニンと結合した構造炭水化物やたん白質が多く、また細菌由来のたん白質が多く含まれるという特性を有することからND処理によ、こ酵素処理によるよりも多くの粗たん白質、リグニンおよび構造炭水化物を溶出するものと考えられる。また、こへの粗灰分の溶出量はND正で酵素正よりも高い。そのことの原因については本試験の結果からは明らかではない。しかし、飼料中のケイ酸は一部がND処理によ、こ溶出すると言われ²⁸⁾おり、また稲わらはケイ酸含量の高いもの²⁹⁾であるが、それを酵素処理したときのCW中粗灰

分食量はND処理したときのそれと比べて著しく高いと報告されている。²²⁾飼料中のケイ酸は不消化である。³⁰⁾のど牛糞にはケイ酸が多く含まれると考えられる。ND処理によってケイ酸が多く溶出することがND区と酵素区のCW中粗灰分食量に大きな差をもたらせた原因の一つかもしれない。

CWの *in vitro* 消化率は表II-7に示すようにND区と酵素区よりも高い。このことはこれまで述べてきたようにND処理によって酵素処理によるよりもリグニンと結合した構造炭水化物および不溶性灰分などの第一胃内細菌による利用性の低い成分が多く溶出されることを支持する結果である。

ND法または酵素法による分析では飼料中成分は動物による利用性の似たものごとに分画することを目指して、この分画には動物が消化管内で分泌する消化酵素によって消化される利用性の非常に高い成分を、一方CW分画には消化酵素によって消化されないが消化管内

の微生物の発酵によ、一部分消化される、
いわゆる繊維性物質を含むように分画するの
が目的である。¹⁸⁾ したが、この処理によ、この
分画へ牛糞中リグニンや構造炭水化物の溶出
が少なく、しかも処理残渣に第一胃内細菌に
よる利用性の低い成分を多く含む酵素法の方
がND法に比べて牛糞中成分をCCとCWの分画に
分ける方法としては適していると考えられる。
しかし、酵素法においても牛糞のリグニンや
構造炭水化物は一部溶出される。表II-6をみ
ると牛糞のリグニンと構造炭水化物はその90
%以上が酵素処理残渣に含まれるので酵素処
理残渣を牛糞の繊維性物質と考えても量的に
はあまり問題はなさそうである。しかし、牛
糞の酵素処理可溶分画が動物に対して非常に
高い利用性を有する分画であるかどうかにつ
いてはさらに検討を要するように思われ、こ
のことにについては次節で検討することにする。

しかしながら、酵素処理によ、求められる
CW含量とND処理によるそれとの間には高い

正の相関係数が得られ、また CW の *in vitro* 消化率と可消化成分にも酵素正と ND 区との間に高い正の相関関係がある。飼料中 Ct と CW の含量を求めたとき CW が Ct に比べて多ければ粗飼料的な性質を有する飼料であり、逆に Ct が CW より多ければ濃厚飼料的な性質を有する飼料であると判断され、また CW の *in vitro* 消化率と可消化成分をみることにより、CW がエネルギー源としてどの程度の価値を有するのかわかることができるので、飼料の Ct と CW の含量と CW の *in vitro* 消化率を測定することにより、飼料成分の特質を明らかにすることが²⁰⁾できる。したがって、牛糞の飼料成分の特質を異なる牛糞の間で相対的に比較しようとする場合には ND 法も捨て難い方法であるように思われる。

第4節 牛糞の細胞膜成分と細胞内容物質 分画の消化率

1. 試験目的

前節において牛糞中飼料成分をCCとCWに分ける方法としては酵素法がND法よりも適していることが示唆された。それで、慣用飼料で明らかにされているのと同様に牛糞においてもCC分画が動物による利用性の非常に高い成分から構成されており、CW分画が繊維性成分から成るものであれば、CCとCWの分画に含まれる化学成分を調べることによって牛糞中飼料成分の特質を化学的、栄養学的に解明できるものと思われる。しかし、前述のごとく牛糞は内因性排出物や細菌残渣を含むのでそれがCC分画に入る恐れがある。そのためCC分画の利用性が慣用飼料と同様であるとは必ずしも言えない。

そこで、本節では酵素処理によって分けられる牛糞のCCとCWの反すう動物による利用性を調べたうえで、牛糞中飼料成分の特質をそ

のCCとCWの含量およびCWの *in vitro* 消化率を測定することによつて明らかにしようとした。

2. 実験材料と方法

1). 牛糞のCCとCW区分の反すう動物による利用性の検討

本章第2節でめん羊による消化試験に供した牛糞4点と固形部分、さらにそれぞれの消化試験に用いた基礎飼料と試験飼料およびそこで採取しためん羊糞を供した。各試料に前節で示した方法により酵素処理を施してCCとCWの含量を測定し、まず基礎飼料と試験飼料のCCとCWのみかけの消化率を求め、つぎに基礎飼料の消化率が試験飼料でも変わらないものとして牛糞4点と固形部分のCCとCWのみかけの消化率を算出して求めた。

ここぞ得られた牛糞4点と固形部分のCCとCWの含量とみかけの消化率から各分画の含量と可消化成分との間の相関と回帰分析³¹⁾を行つた。

2) 牛糞の CC と CW の含量および *in vitro* 消化率の測定

京都府、滋賀県下の大学と農協の牛舎から肉用種繁殖牛糞5点と肥育牛糞7点を採取して供した。それらの牛糞を採取した牛舎にけい養されていた牛の給与飼料条件などの概要を表Ⅱ-8に示すが、肉用種繁殖牛糞Aと肥育牛糞のaとbは実験1)で CC と CW の含量とめん羊による消化率の明らかなるものがあった。

牛糞は採取後直ちに実験室内に持ち帰り、60℃で通風乾燥後、1mmのフルイを付けたウイレー式粉砕器を通して分析用試料とした。牛糞の CC 、 CW と CW 中粗灰分の含量および CW の *in vitro* 消化率をそれぞれ前節と同じ方法によって求めた。

なお、実験1)、2)ともに肥育牛糞にはごん粉が含まれる恐れがあるため、それらの CW の定量および抽出の際には α -アミラーゼによる²²⁾前処理を施した。

表Ⅱ-8. 牛糞を採取した牛の給与飼料条件などの概要

牛糞の 種類	品種 性別	濃厚飼料		給与量 ²⁾	粗飼料		場所
		配合	内容 ¹⁾		内容	給与量 ²⁾	
肉用種繁殖牛							
A	黒毛和種 雌牛	普通ふすま	100%	1.1	青刈とうもろこし・ ソルゴー	20	京都大学 附属牧場
B	黒毛和種 雌牛	{ 肉牛用配合飼料, 50% 普通ふすま, 50% }		2	あぜ草	7.5	京都府亀岡市 農協
C	黒毛和種 雌牛	{ 肉牛用配合飼料, 60% 普通ふすま, 40% }		5	乾草	7	京都府亀岡市 農協
D	黒毛和種 雌牛	{ 大麦主体の自家配合飼料, 50% 乳牛用配合飼料, 50% }		2	{ 生草 稲わら }	9	京都府亀岡市 農協
E	黒毛和種 雌牛	肉牛用配合飼料, 100%		2	稲わら	自由 採取	滋賀県大津の湖 農協
肥育牛							
a	ホルスタイン種 去勢牛	{ 中目とうもろこし=種混, 44% 普通ふすま, 18% 圧パン大麦, 12% 肉牛用配合飼料, 26% }		8.6	稲わら	1	滋賀県丹山市 農協
b	ホルスタイン種 去勢牛	肉牛用配合飼料, 100%		8	稲わら	自由 採取	京都府立大学 附属農場
c	黒毛和種 去勢牛	{ 肉牛用配合飼料, 85% (圧パンとうもろこし+大豆粕), 15% }		8.2	稲わら 生草	4.5 1.5	京都府亀岡市 農協
d	黒毛和種 去勢牛	{ 圧パンとうもろこし, 65% 普通ふすま, 30% 大豆粕, 5% }		7.6	生草	5	京都大学 附属農場
e	ホルスタイン種 去勢牛	{ 圧パンとうもろこし=種混, 30% 中目とうもろこし=種混, 30% 肉牛用配合飼料, 30% 普通ふすま, 10% }		10	稲わら	1.5	滋賀県大津の湖 農協
f	黒毛和種 去勢牛	肉牛用配合飼料, 100%		10.5	大麦サイレージ	6	滋賀県大津の湖 農協
g	黒毛和種 去勢牛	{ とうもろこし, 45% 大麦, 30% 普通ふすま, 10% その他, 15% }		8.0	稲わら	0.5	京都府亀岡市 農協

注) 1) 配合内容は原物重量の割合で示す

2) 給与量は原物あたりで、1日1頭あたりのkgで示す。

3. 結 果

実験1) ; 牛糞4点と固形部分のCCとCWの含量とそれぞれのめん羊によるみかけの消化率を表Ⅱ-9に示す。またその表の結果から牛糞

表Ⅱ-9. 牛糞と固形部分のCCとCWの組成,
消化率および可消化成分

	肉用種 繁殖牛糞	肥育牛糞 (a)	肥育牛糞 (b)	乳用種 泌乳牛糞	固形部分
—— 組 成, 乾物% ——					
CC	16.4	47.8	33.3	21.5	15.9
CW	83.6	52.2	66.7	78.5	84.1
CW中粗成分	9.2	6.7	6.7	8.8	12.2
—— 消化率, %, 平均値±標準偏差(個体差) ——					
供試動物数(頭)	4	6	2	3	6
CC	40.8±7.4	85.0±1.9	67.0±3.5	59.9±20.2	50.8±6.8
CW	14.0±5.1	21.3±8.3	26.7±0.1	35.6±5.9	9.9±2.8
—— 可消化成分, 乾物% ——					
CC	6.7	40.6	22.3	12.9	8.1
CW	11.7	11.1	17.8	28.0	8.4

のCCとCWの各分画の含量と可消化成分との間の相関と回帰分析を行った結果を図Ⅱ-2に示す。CC分画では含量と可消化成分との間に高い正の相関係数と有意な直線回帰式が得られるが、CW分画では有意な相関係数も回帰式も得られなかった。

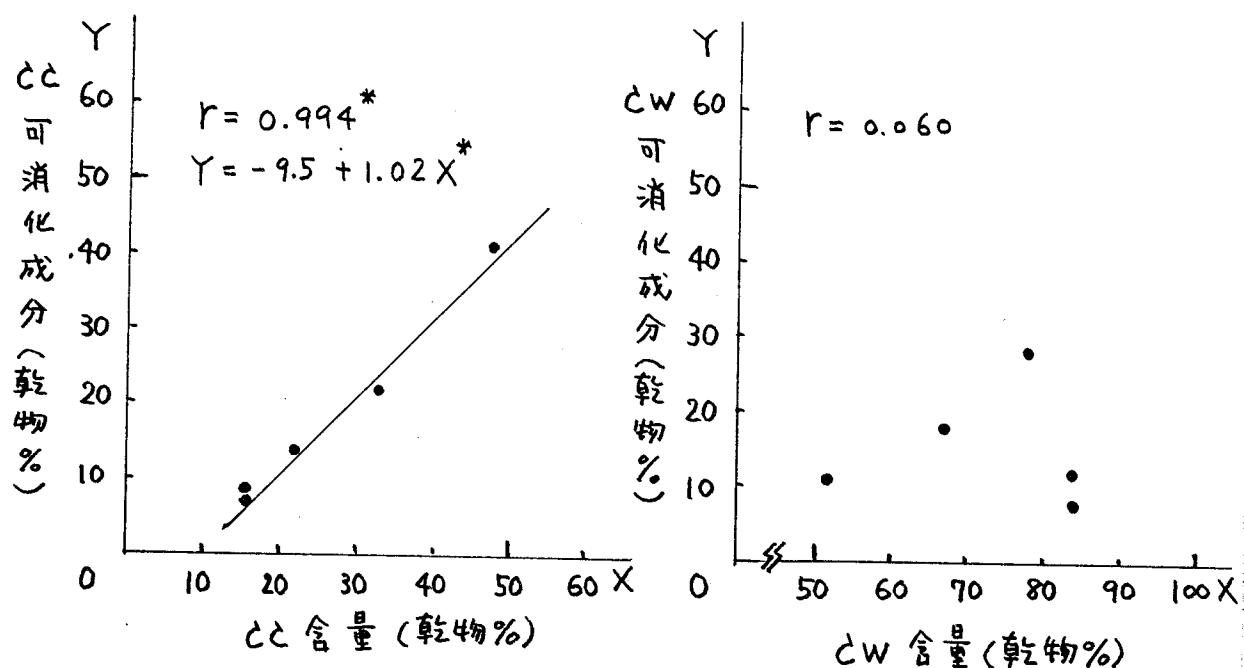


図 II-2. 牛糞の CC と CW の成分含量と可消化成分 (成分含量 \times みかけの消化率) との間の相関

* 相関係数 または 直線回帰式 が有意 (危険率 5%) であることを示す。

実験 2) ; 得られた結果には変動が非常に大きかったのど、それを図 II-3 のように示す。CW 含量は供試した牛糞の多くで乾物中 65 から 85 % の間にあるが、それは低いものどオードグラス、高いものどは稲わらの CW 含量に近い。また、CW 含量が乾物中 40 % と 52 % と比較的低いものもあるが、それはアルファ²²⁾ルファ乾草やコーンサイレージの CW 含量に近い。CW 中粗灰分の含量は乾物中 3 ~ 22 % の間

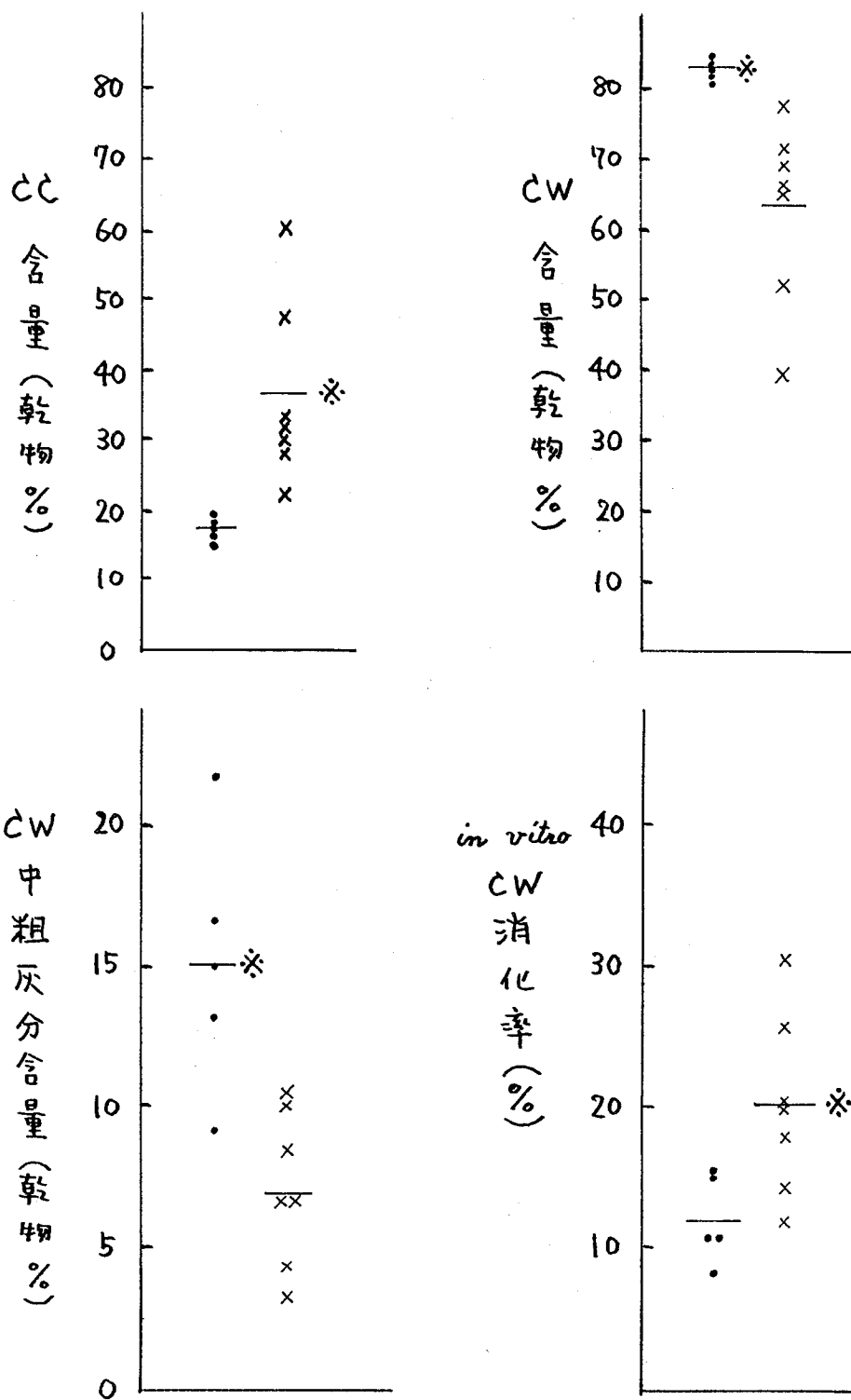


図 II-3. CC, CW, CW中粗灰分の含量と *in vitro* CW 消化率の肉用種繁殖牛糞と肥育牛糞との間の比較

- 肉用種繁殖牛糞 × 肥育牛糞 — 平均値を示す
- * 平均値間に有意な差 (危険率5%) のあることを示す

にあるが、それは牧草類や濃厚飼料のそれに比べて著しく高い。*in vitro* CW消化率は全体的に低く、供試したすべての牛糞で30%以下であった。なお、実験1)に供した肥育牛糞aとbおよび肉用種繁殖牛糞Aの*in vitro* CW消化率はそれぞれ、19.9、30.6および8.4%であった。

肉用種繁殖牛糞と肥育牛糞の間で比較すると、CWとCW中粗灰分の含量は肉用種繁殖牛糞で高く、*in vitro* CW消化率は肥育牛糞で高かった。

4. 考 察

図II-2に示すように牛糞中CCの含量と可消化成分との間には非常に高い正の相関係数と有意な直線回帰式が得られる。この回帰式からCC含量がゼロの牛糞をめん羊が摂取したと仮定すると、そのときの可消化成分は-9.5%である。すなわち牛糞中CC分画の内因性排出物の量は平均して乾物摂取量の9.5%であることが示される。そこで、めん羊が乾物量に比して100gの牛糞を摂取したとして牛糞中CC

表Ⅱ-10. 牛糞中 L-C 分画の真の消化率

項 目	牛糞の種類	利用種 繁殖牛糞	肥育牛糞 (a)	肥育牛糞 (b)	利用種 泌乳牛糞	固形部分
L-C 含量(乾物%)		16.4	47.8	33.3	21.5	15.9
L-C 摂取量(g) ¹⁾		16.4	47.8	33.3	21.5	15.9
L-C のみかけの消化率(%)		40.8	85.0	67.0	59.9	50.8
糞中への L-C のみかけの排出量(g) ²⁾		9.7	7.2	11.0	8.6	7.8
糞中への L-C の内因性排出量(g) ¹⁾		9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
L-C の真の消化率(%) ³⁾		99.1	105.0	95.6	104.1	110.7
L-C の真の消化率の平均値(%)		102.9 ± 5.8 ⁴⁾				

注) 1) 乾物摂取量を 100g としたときの値

2) L-C 摂取量 × (100 - L-C のみかけの消化率) ÷ 100

3) $\left\{ \left[\text{L-C 摂取量} - (\text{糞中への L-C のみかけの排出量} - \text{糞中への L-C の内因性排出量}) \right] \div \text{L-C 摂取量} \right\} \times 100$

4) 平均値 ± 標準偏差 (n=5)

分画の真の消化率を求めると表Ⅱ-10 に示すように平均して 103 % でありその標準偏差は 5.8 % と小さい。このことから牛糞中 L-C 分画は反すう動物によらずほぼ 100 % 消化されしかる利用性が一樣であると考えられる。本試験では酵素処理によらず溶出する部分を L-C 分画としていえるが、そのような成分は緩衝溶液に溶解するものとでん粉ならびにたん白質分解酵素によらず加水分解されるもので、溶解性が高く酵素消化を受け易いもので一般に動物による利用性が高いものと考えられる。ただ、牛

糞に含まれる内因性排出物と細菌残渣がどの程度CC分画へ溶出されるのかは本試験の結果からは明らかではない。

実験2)の結果をみると牛糞にはCWが多く、乾物中40%以上を占めているが、CWに含まれる粗灰分の量も多い。また *in vitro* CW消化率のもっとも高い肥育牛糞bの *in vivo* でのCW消化率は約27%であることを考えれば牛糞中CWの利用性はかなり低いものと思われる。これらのことから牛糞は粗飼料的な性質を有するが、CWに灰分が多くまたCWの利用性が低いという特性をもつ飼料であるということができる。

しかし、CWとCW中粗灰分の含量と *in vitro* CW消化率には大きなバラツキがあるのど、飼料成分構成に変動の大きいことも牛糞の特質である。図II-3では肉用種繁殖牛糞と肥育牛糞の間に差がみられる。肉用種繁殖牛と肥育牛は表II-8に示すように著しく異なる給与飼料条件下で飼育されるのど、牛の給与飼料条件によつて牛糞の飼料成分が変化することが示唆

される。しかし、このことがなぜ生じるのか
は本試験の結果からは明らかではない。

第5節 牛糞中粗たん白質の特質

1. 試験目的

前節では牛糞の飼料成分の特質をその乾物を酵素処理によ、て分画して検討した。

一方、本章第2節では牛糞の乾物に比較的多くの粗たん白質が含まれるが、その含量と可消化成分との間の相関は慣用飼料と異なり低かったのど、牛糞の粗たん白質には慣用飼料にない特質があるように思われた。

そこで、本節では牛糞の粗たん白質の特質をその酵素処理分画を調べて検討した。

2. 実験材料と方法

前節の実験に供した肉用種繁殖牛糞5点と肥育牛糞7点を供した。それらの牛糞を採取した牛舎にけい養されていた牛の給与飼料条件などの概要は前節で示したようである。それらの粗たん白質(CP)とCC中粗たん白質(CC-P)およびCW中粗たん白質(CW-P)の含量を求め、CC-P含量とCP含量との間の相関と回帰³¹⁾を調べた。

ついで本章第2節でCP含量とCPのめん羊による消化率および可消化成分(DCP)含量が明らかにされた牛糞4点と固形部分を供して、それらのCC-PとCW-Pの含量を測定し、DCPとCC-Pとの間およびCP消化率とCP中CW-P含量との間の相関と回帰³¹⁾をそれぞれ調べた。なお、牛糞4点と固形部分のCP含量、CP消化率およびDCP含量は表II-11に示すようである。

表II-11. 供試牛糞のCPの含量、消化率および可消化成分

	肉用種 繁殖牛糞	肥育牛糞 (a)	肥育牛糞 (b)	乳用種 泌乳牛糞	固形部分
CP含量(乾物%)	13.1	13.7	15.2	16.1	11.8
CP消化率(%)	23.7	55.8	45.2	36.4	41.3
DCP含量(乾物%)	3.1	7.6	6.8	5.8	4.9

CP含量はケルダール法¹⁰⁾によつて求めた窒素含量に6.25を乗じて求め、CC-PとCW-Pの含量は本章第3節で示した方法によつて求めた。

3. 結 果

牛糞12点のCPを酵素処理によつてCC-PとCW-Pとに分けて、それぞれの含量を測定した結

果を表Ⅱ-12に示す。それぞれの含量はいく

表Ⅱ-12. 牛糞のCP, CC-PおよびCW-P含量 (乾物%)

	肉用種 繁殖牛糞	肥育牛糞	全 体
分析点数	5	7	12
CP (1)	11.7 ± 1.6 ¹⁾	15.0 ± 1.5 [*]	13.6 ± 2.2
CC-P	4.9 ± 0.5	8.8 ± 1.2 [*]	7.2 ± 2.2
CW-P (2)	6.8 ± 1.4	6.1 ± 2.1	6.4 ± 1.8
(2) ÷ (1) × 100	57.8 ± 5.9	40.2 ± 11.1 [*]	47.6 ± 12.7

注) 1) 平均値 ± 標準偏差

* 肉用種繁殖牛糞と肥育牛糞の間に有意な差
(危険率5%)のあることを示す

ぶん変動がみられるが、平均値で見るとCC-PとCW-Pの含量は乾物中それぞれ7.2%と6.4%でありCP中のCW-P含量は47.6%であった。慣用飼料²²⁾と比較すれば、牛糞のCW-P含量とCP中CW-P含量はいずれもかなり高かった。また、CP含量とCC-P含量との間の関係を調べた結果を図Ⅱ-4に示す。両者の間の相関係数は0.658であり、慣用飼料のそれが0.97以上の高い値を示す²⁹⁾のと異なっていた。

肉用種繁殖牛糞と肥育牛糞との間で比較すると、CW-P含量に差はないが、CC-P含量は肥

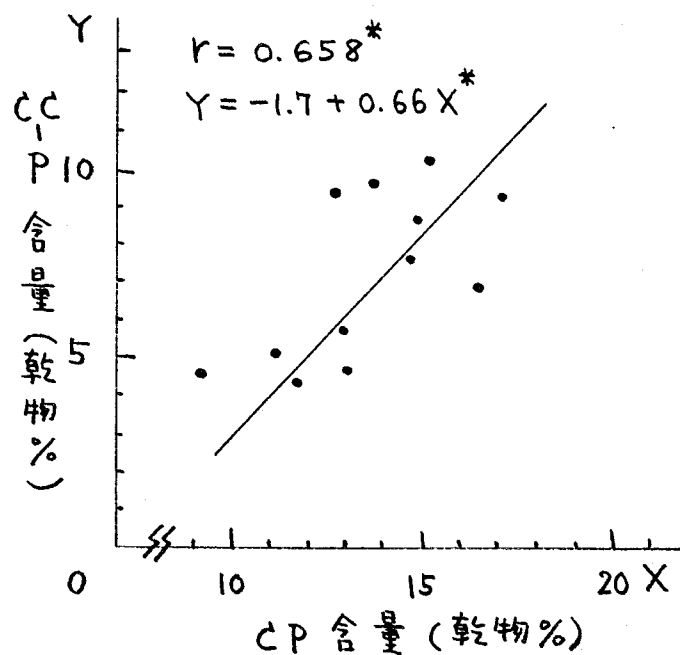


図 II-4. 牛糞の CC-P と CP 含量との間の相関

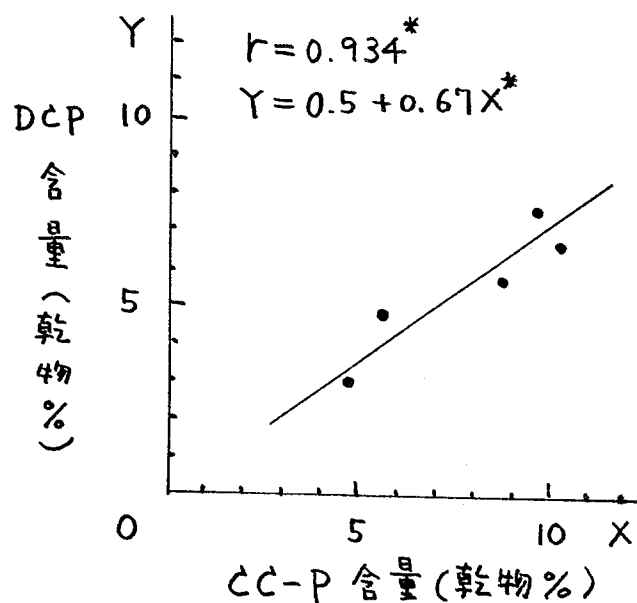
*相関係数または回帰式が有意(危険率5%)であることを示す

育牛糞で高い。一方, CP 中 CW-P 含量は肉用種繁殖牛糞で高かった。

つぎに, DCP 含量の明らかな牛糞と固形部分の CC-P と CW-P の含量を測定した結果を表 II-13 に示し, DCP と CC-P 含量との間の関係を図 II-5 に示す。両者の間には高い正の相関係数と有意な直線回帰式が得られるが, 配合飼料の DCP (Y) と CC-P (X) との間には $r = 0.981$ と

表Ⅱ-13. 牛糞のCC-P, CW-P および DCP 含量 (乾物%)

	肉用種 繁殖牛糞	肥育牛糞 (a)	肥育牛糞 (b)	乳用種 泌乳牛糞	固形部分
CP (1)	13.1	13.7	15.2	16.1	11.8
CC-P	4.7	9.6	10.3	8.6	5.6
CW-P (2)	8.4	4.1	4.9	7.5	6.2
DCP	3.1	7.6	6.8	5.8	4.9
(2) ÷ (1) × 100	64.1	29.9	32.2	46.6	52.5

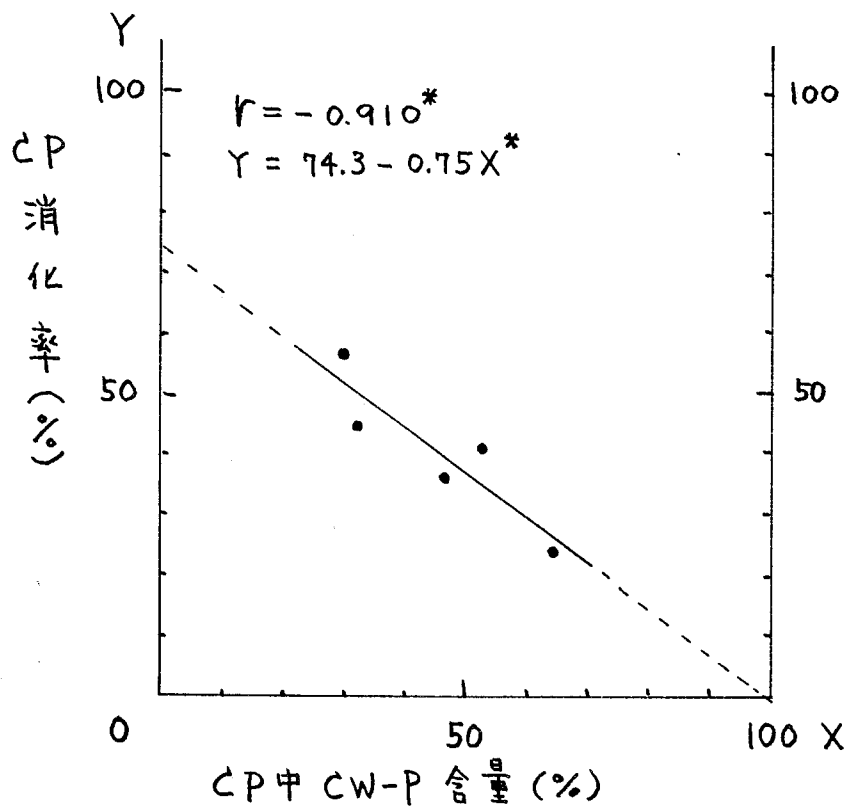


図Ⅱ-5. 牛糞のDCPとCC-P含量との間の相関

*相関係数または回帰式が有意(危険率5%)であることを示す

いう相関係数と回帰式, $Y = -3.9 + 1.12X$ が報告され²⁹⁾ており, 牛糞での回帰式はこれと異なっ

ていた。さらに図Ⅱ-6には牛糞のCP中CW-P含量とCP消化率との間の関係を示す。両者の間



図Ⅱ-6. 牛糞のCP消化率とCP中CW-P含量の相関

*相関係数または回帰式が有意、
(危険率5%)であることを示す

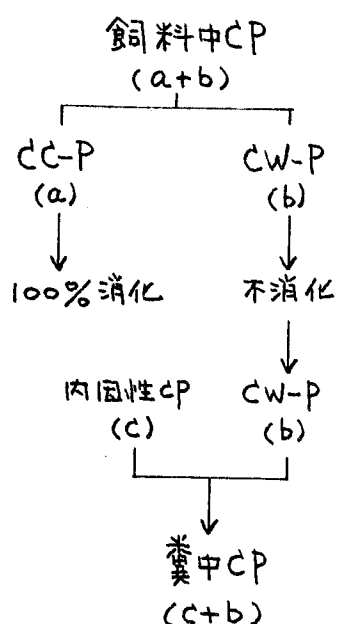
には高い負の相関係数と有意な直線回帰式が得られた。この回帰式で $X=0$ としたときの Y の値はCC-Pのみかけの消化率を示すと考えられるが、それは74.3%であった。同様に $X=100$ としたときの Y の値はCW-Pのみかけの消

化率で、それは -0.7% と著しく低かった。

4. 考 察

表 II-12 に示すように牛糞の酵素処理残渣中粗たんぱく質 (CW-P) 含量は平均して乾物中 6% であり、それは慣用飼料のそれと比べてかなり高い。

一方、牛糞の DCP と CC-P との間の回帰式は従来報告されている配合飼料のそれとはかなり異なっている。前節で牛糞の CC 分画は反すう動物によつてほぼ完全に消化されることが知られたので、その構成成分である CC-P の真の消化率は 100% に近いと考えられる。それでいま、CC-P が 100% 消化され CW-P が不消化であると仮定して CP の消化の様相を考えれば図 II-7 のようになる。CW-P が不消化であれば理論的には CC-P 含量がゼロのとき DCP は内因性排出物の CP 量だけ負の値を示すことになる。ところが図 II-5 の回帰式では CC-P 含量をゼロ、つまり $X=0$ とすると DCP は 0.5 と正の値を示す。これは牛糞においては CW-P の一部分が消



左図で動物がCC-Pを a 、CW-Pを b 摂取し、内因性CPを c だけ排出するとすれば、

$$\text{CPのみかけの消化率} = \frac{(a+b)-(c+b)}{(a+b)} = \frac{a-c}{a+b}$$

$$\text{DCP含量} = (a+b) \times \frac{a-c}{a+b} = a-c$$

ゆえに $a=0$ のときには DCP は $-c$ となり負の値を示す。すなわち飼料中CC-Pの含量をゼロと仮定するとDCPは負の値を示す

図Ⅱ-7. CW-Pを不消化と仮定したときのCPの消化の様相

化されるために生じたものと考えられる。このことは慣用飼料のCW-Pは不消化であるが、²⁹⁾牛糞では慣用飼料と異なりCW-Pは必ずしも不消化ではなく、その一部分が消化されることを示唆している。

しかし、図Ⅱ-6の結果から示されるように牛糞のCW-P消化率はかなり低い。このことと牛糞のCP中CW-P含量が慣用飼料のそれに比べて高いことから、牛糞中CPの利用性は慣用飼料に比べて低いと言ったことができる。飼料のCPには細胞膜構成物質中の不消化なCPが若干

含まれており¹⁵⁾、それは牛が飼料を摂取してもそのまゝ糞中へ移行する。また、牛の消化管内の細菌が消化したものの残渣も糞中へ排出される。反すう動物糞中窒素成分には消化管内へ分泌された消化酵素に由来するものもあるが、その大部分は飼料消化残渣と細菌消化残渣中の窒素成分である²⁵⁾ので牛糞のCPの利用性が低いものと考えられる。

本章第2節では牛糞のCPとDCPとの間の相関係数は低いのでCPの利用性が一様でないと考えられた。また図Ⅱ-4に示すように牛糞のCC-PとCPとの間の相関係数は0.658であり高くはないのでCP中CC-P含量は一様でないと考えられる。また、CC-Pは利用性の高い成分でCW-Pは利用性の低い成分である。したがって、牛糞中CPの利用性に変動が大きいのはCPがCC-PとCW-Pという利用性の非常に異なる成分から構成されており、しかもそれらの成分の構成比が牛糞によちがうためであると考えられる。

一方、表Ⅱ-12に示すように肥育牛糞は肉用種繁殖牛糞に比べてCC-P含量が高いのでCP中CC-P含量が高い。反すう動物に維持要求量程度に飼料を給与すれば飼料のCC-Pはほぼ完全に消化されるので糞中CC-Pには飼料に由来する成分はない。この場合、糞中には水溶性窒素成分が糞中全窒素成分の16~30%程度含まれるがそれは飼料由来の成分ではないと言われている。²⁵⁾肉用種繁殖牛糞はこのような飼料条件下で飼育されるので糞中CC-Pはおもに水溶性窒素成分から構成されていると推察される。他方、肥育牛は高エネルギー飼料を多給されるが、このような飼料条件下では飼料のCP消化率は低下する。³²⁾この場合、飼料のCW-Pは不消化である²⁹⁾のでCC-Pが十分に消化されないので糞中へ移行していき、²⁹⁾と思われる。そのため、肥育牛糞のCC-Pには水溶性窒素成分に加えて飼料のCC-Pに由来する成分も含まれることになるのでCP中CC-P含量が肥育牛糞で肉用種繁殖牛糞よりも高いのであろう。これより

牛の給与飼料条件は CP を構成する $CC-P$ と $CW-P$ の構成比に変動をもたらす要因の一つであることが示唆される。

第6節 牛糞中炭水化物の特質

1. 試験目的

本章第2節では牛糞中乾物の約70%はNFEと粗繊維の合計量で占められており、また牛糞の可消化成分の多くは炭水化物の可消化成分であるので、牛糞中炭水化物の特質を明らかにすることはとくに重要であると考えた。

本章第4節で牛糞においても酵素処理溶出部分(CC)は反すう動物によつてほとんど完全に消化される分画であることが知られたので、その構成成分である酵素処理可溶炭水化物(NCWE)は易利用性炭水化物を含む非常に利用性の高い分画であると考えられる。一方、本章第3節では繊維性炭水化物であるリグニンと構造炭水化物のほとんどは酵素処理残渣中有機物(OCW)に含まれることが示唆された。

そこで、本節ではNCWEとOCWの分画から牛糞中炭水化物の特質について検討を加えた。

2. 実験材料と方法

実験 1). 牛糞の NCWFE と OCW の含量および
in vitro OCW 消化率の測定

本章第 4 節と前節で CC, CW, CW 中粗灰分,
CP と CC-P および CW-P の含量と in vitro CW 消化率
が明らかにされた肉用種繁殖牛糞 5 点と肥育
牛糞 7 点を供した。

CW から CW 中粗灰分を差し引いて OCW とした。
また有機物と粗脂肪の含量を測定して NCWFE
を次式³³⁾により求めた。

$$\text{NCWFE}(\%) = (\text{有機物}(\%) - \text{OCW}(\%)) - (\text{CC-P}(\%) + \text{粗脂肪}(\%))$$

さらに全炭水化物 (TC) を次式により求めた。

$$\text{TC}(\%) = \text{有機物}(\%) - (\text{CP}(\%) + \text{粗脂肪}(\%))$$

また、単糖類、でん粉、リグニンおよびケ
イ酸の含量を測定した。

つぎに本章第 4 節では酵素処理で抽出した
CW を人工反すう胃法に供して消化後残渣の乾
物量を求めて CW 消化率を測定したが、そこで
乾燥させた残渣をさらに 600 °C で 2 時間灰化
して消化後残渣中有機物量を求め OCW の in
vitro 消化率を次式により求めた。

$$\text{in vitro OCW 消化率 (\%)} = \frac{(\text{供試試料の量} \times \text{OCW 含量}) - (\text{消化後残渣中有機物量})}{\text{供試試料の量} \times \text{OCW 含量}} \times 100$$

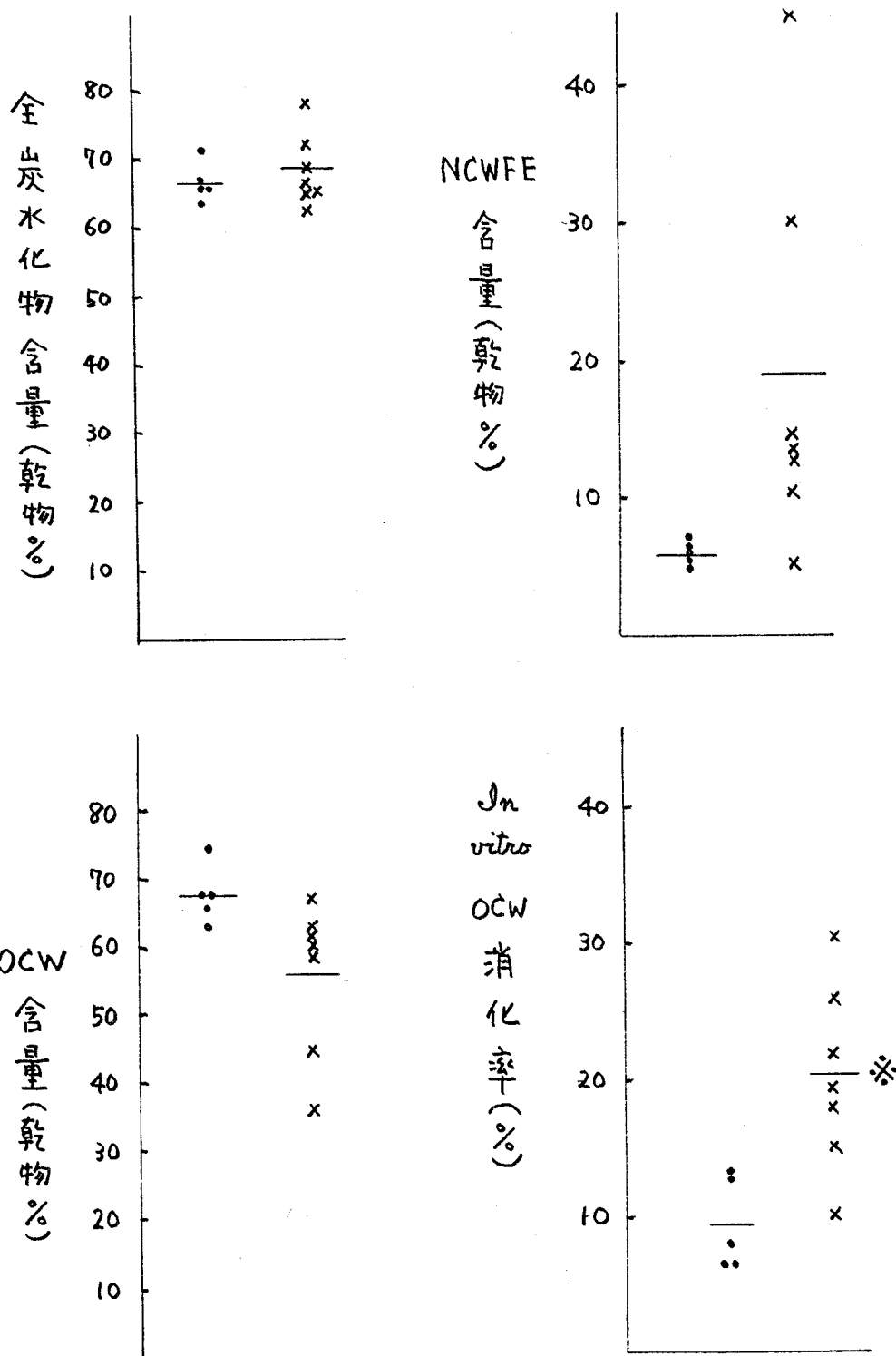
実験 2). 牛糞の *in vivo* OCW 消化率の測定

本章第 2 節でめん羊を用いた消化試験に供した牛糞 4 点と固形部分および各消化試験で用いた基礎飼料と試験飼料と採取されためん羊糞を供した。それらの CW 含量は本章第 4 節で明らかであるので、CW 中粗灰分量を求めて、CW から CW 中粗灰分を差し引いて OCW 含量とし、まず基礎飼料と試験飼料の OCW 消化率を算出した。ついで、基礎飼料の消化率が試験飼料でも変わらないものとして牛糞 4 点と固形部分の OCW 消化率を算出して求めた。

分析方法；有機物と粗脂肪の含量は常法¹⁰⁾、単少糖類とでん粉、リグニンおよび CW 中の粗灰分の含量は本章第 3 節で示した方法によりそれぞれ求めた。なお、ケイ酸はリグニン測定後の残存粗灰分をケイ酸としてその含量を求めた。

3. 結 果

実験1). 得られた結果を図Ⅱ-8と図Ⅱ-9に示す。牛糞の乾物中62から78%はTCであり、それは稲わらや普通ふすまの炭水化物含量¹²⁾に近い。NCWFEとOCWの含量には大きな変動がみられたが、供試した牛糞の多くはNCWFEとOCWの含量がそれぞれ乾物中5~15%と58~68%の間にあり、それらのNCWFE含量は稲わらから開花期のイネ科乾草²⁹⁾に近く、OCW含量は開花期のアルファルファ乾草から稲わらあるいは開花期のイネ科乾草²⁹⁾に近い。ただ供試した牛糞のなかにはNCWFEが多く含まれるものがあり、それらのNCWFEとOCWの含量は普通ふすまやエン麦²⁹⁾に近い。in vitro OCW消化率はすべての牛糞で30%以下であった。なお実験2)に供した肥育牛糞bのin vitro 消化率が供試した牛糞のなかでもっとも高かった。単少糖類含量は乾物中1.7%以下でそれは稲わら³⁴⁾より低い。でん粉含量は供試牛糞の多くで6%以下であり、それは稲わら³⁴⁾に近いものであった。ただ、でん粉を乾物中20%以上含むも



図Ⅱ-8. 牛糞の炭水化物構成

• 肉用種繁殖牛糞, × 肥育牛糞, — 平均値を示す
 ※ 平均値間に有意な差(危険率5%)のあることを示す

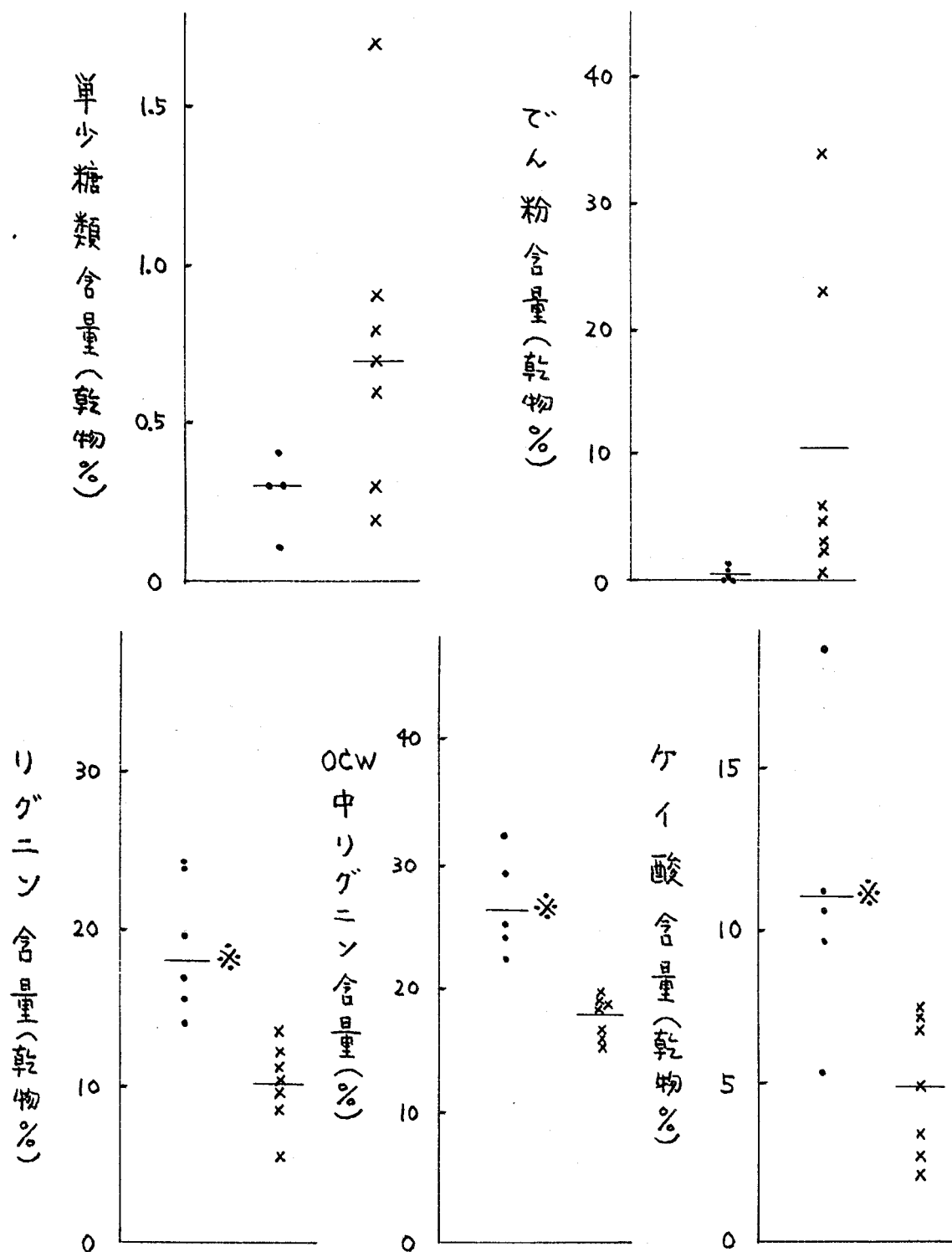


図 II-9. 牛糞の単少糖類，でん粉，リグニン
およびケイ酸含量

• 肉用種繁殖牛糞，×肥育牛糞， 平均値を示す
※- 平均値間に有意な差(危険率5%)のあることを示す

のがあり、それは普通ふすまやコーンサイレ
ー³³⁾ジに近い。リグニンは乾物中6~24%含ま
れており、少ないものでは稲わ²⁹⁾ら程度、高い
ものではもみ²⁹⁾殻よりも多く含まれている。そ
のためOCW中リグニン含量は17-32%と高く、
それは開花期のイネ科乾草や稲わ²⁹⁾らに比べて
高く、高いものではもみ²⁹⁾殻以上のものもある。
ケイ酸は乾物中2~11%程度含まれており、
高いものでも稲わ²⁹⁾らよりは低いが、開花期の
イネ科乾²⁹⁾草に比べて高かった。

肉用種繁殖牛糞と肥育牛糞の間で比較する
と、TC含量には差がないが、NCWFEは肥育牛
糞で高いようであり、OCW含量は両者に差が
なかった。*in vitro* OCW消化率は肥育牛糞で高
い。また、単少糖類とでん粉は肥育牛糞で高
いようであり、リグニン、OCW中リグニン含
量およびケイ酸は肉用種繁殖牛糞で高かった。

実験2) 得られた結果を表II-14に示す。OCW
消化率は15.3~40.1%の間にあり肥育牛糞b
と乳用種泌乳牛糞のそれは稲わらのOCW消化

表Ⅱ-14. めん羊による消化試験に供した牛糞の
炭水化物構成とOCWの消化率と可消化成分

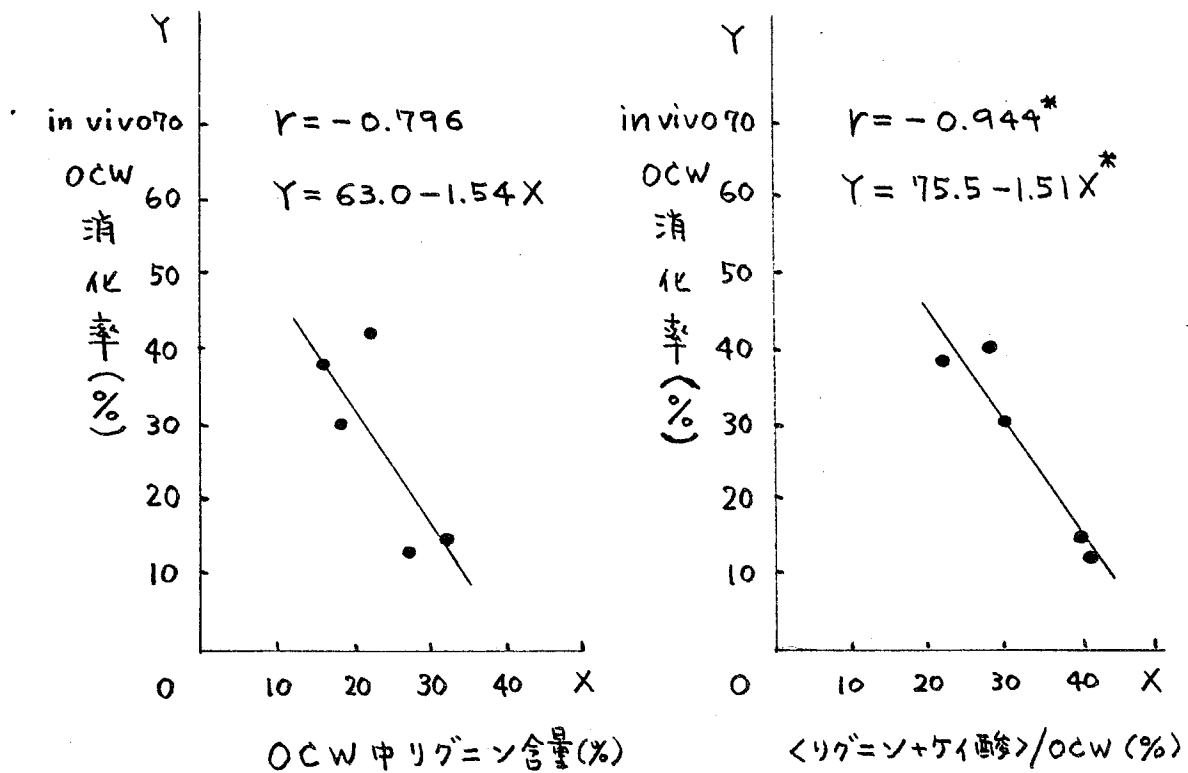
項 目	牛糞の種類 肉用種繁殖牛糞	肥育牛糞 (a)	肥育牛糞 (b)	乳用種 泌乳牛糞	固形部分
炭水化物構成, 乾物%					
NCWFE	5.0	30.3	13.7	6.0	2.8
単少糖類	0.3	0.6	0.8	0.3	0.3
でん粉	0.7	23.0	5.0	1.5	0.2
OCW	74.4	45.5	60.0	69.7	71.9
リグニン	24.0	8.4	9.6	15.6	19.5
ケイ酸	5.5	5.0	3.7	4.0	9.8
OCW消化率, %	15.3±4.9 ³⁵⁾	29.9±8.7	37.8±5.3	40.1±4.8	12.3±4.6
供試動物数, 頭	4	6	2	3	6
OCW可消化成分, 乾物%	11.4	13.6	22.6	27.9	8.9

注) 1) 平均値±標準偏差

率の44.1³⁵⁾%に近かった。OCWの可消化成分は乾物中11.4~27.9%の間にあり、高いものではアルファルファ乾草やコーンサイレージ³⁵⁾に近い。肉用種繁殖牛糞と肥育牛糞で比較すると、消化率と可消化成分ともに肉用種繁殖牛糞で低かった。

牛糞と固形部分のOCW中リグニン含量およびOCWに対する<リグニン+ケイ酸>含量の割合(<L+S>/OCW)とin vivo OCW消化率との間

の相関をそれぞれ調べると図Ⅱ-10のようになる。ともに高い相関係数が得られたが、OCW



図Ⅱ-10. OCW消化率とOCW中リグニン含量および
<リグニン+ケイ酸>/OCW との間の相関
*相関係数または回帰式が有意である(危険率5%)

中リグニン含量とOCW消化率との間の相関係数が有意でないのに対し、<L+C>/OCWとOCW消化率との間の相関係数は非常に高く、しかも有意であった。

4. 考 察

飼料中炭水化物の特質をNCWFEとOCWを求めて検討するためにはNCWFEとOCWの主構成

成分がそれぞれ易利用性炭水化物と繊維性炭水化物である必要がある。酵素処理ではごん粉などの易利用性炭水化物をα-アミラーゼ処理によつて、たん白質をたんぱく質分解酵素によつて、また粗脂肪を処理残渣をアセトンで洗條することによつて除去している。それで、一般にはOCWの大部分は繊維性炭水化物で占められる。ところが、前節で示したように牛糞には慣用飼料に比べて酵素処理によつて溶出されない粗たん白質が多い。そのため牛糞のOCWが繊維性炭水化物を主構成成分とする分画と言えるかどうかを確かめておく必要がある。そこで、本節の試験に用いた牛糞について得られた結果からOCW含量とくりグニン+構造炭水化物含量を比較すると表II-15のようになる。牛糞のOCW中繊維性炭水化物はもとの牛糞のくりグニン+構造炭水化物の約90%であり、またOCWの約90%は繊維性炭水化物で占められている。さらにOCW含量とくりグニン+構造炭水化物含量との間に

表Ⅱ-15. 牛糞の繊維性炭水化物と
OCW含量の比較 (乾物%)

項 目	測定値 平均値±標準偏差 ¹⁾
OCW中粗たん白質	6.4±1.8
OCW --- (1)	60.8±10.3
OCW中繊維性炭水化物 ²⁾ --- (2)	54.4±8.9
〈リグニン+構造炭水化物〉 ³⁾ ---- (3)	61.0±7.8
$\frac{(2)}{(3)} \times 100$	88.8±4.6
$\frac{(2)}{(1)} \times 100$	89.5±1.9

注) 1) $n=12$

2) OCW - (OCW中粗たん白質)

3) 全炭水化物 - (単糖類+でん粉)

は $r=0.976$ (危険率 5% で有意) という非常に高い正の相関係数が得られる。これらのことから牛糞においてもOCWは繊維性炭水化物を主構成成分とする分画であることが示される。

牛糞の炭水化物含量に大きな変動はない。また、本試験に供した牛糞にはOCWがN2WFEに比べて高いものが多いので牛糞の炭水化物はOCW、つまり繊維性炭水化物を主構成成分としており、稲わらや開花期のイネ科牧草の

炭水化物構成²⁹⁾に似ていると考えられる。牛糞
中炭水化物成分の多くは飼料消化残渣の炭水
化物であると考えられるが、飼料の NCWFE は
非常に消化性の高いものであり、OCW はそ
一部分が消化される成分³³⁾である。牛に給与さ
れる飼料の NCWFE はほとんど消化されるため
にそれは糞にあまり含まれないが、OCW のう
ち消化されないものは糞へ排出されるので牛
糞の炭水化物は繊維性炭水化物を主体とする
ものになると考えられる。

しかし、図 II-8 では NCWFE が乾物中 30% 以
上を示す牛糞が 2 点みられる。これらの牛糞
の単少糖類とでん粉の含量を示すと表 II-16 の
ようである。この表では肥育牛糞 7 点から
NCWFE の多い 2 点を除いて肥育牛糞と肉用種
繁殖牛糞の間の比較をも行っている。NCWFE
は肥育牛糞で高い。また、NCWFE の非常に多
い肥育牛糞 2 点のでん粉含量は他の 5 点の肥
育牛糞のそれに比べて著しく高い。でん粉の
非常に高い肥育牛糞 2 点を採取した牛の給与

表Ⅱ-16. NCWFEの多い牛糞を別にしたときの肉用種繁殖牛糞
と肥育牛糞の炭水化物構成の比較 (乾物%)

項目	牛糞の種類 肉用種繁殖牛糞	肥育牛糞	NCWFEの多い牛糞	
			肥育牛糞a	肥育牛糞e
分析点数	5	5	1	1
NCWFE	5.7±0.6 ¹⁾	11.5±3.8 [*]	30.3	44.9
単少糖類	0.3±0.1	0.6±0.3	0.6	1.7
でん粉	0.4±0.6	3.5±2.0 [*]	23.0	33.9
OCW	67.5±4.3	62.1±3.1	45.5	36.6

注) 1) 平均値±標準偏差

* 肉用種繁殖牛糞と肥育牛糞の間に有意な差のあることを示す(危険率5%)

飼料条件をみると、本章第4章の表Ⅱ-8に示したように他の肥育牛とは異なり粗粉碎のとうもろこしを多く含んだ飼料を給与されている。飼料を維持要求量を満たす程度に給与される肉用種繁殖牛では飼料中のでん粉はほとんど完全に消化される³³⁾ので、その糞にでん粉はほとんどない。他方、肥育牛は穀類を主体とした飼料を多給されるが、この場合飼料中のでん粉が十分に消化されない³²⁾ので糞中にはでん粉が含まれる。また、粗粉碎の穀類は加熱圧はん処理などを加えられたものよりもでん粉の消化率の低下が著しい³⁶⁾ので粗粉碎の穀

類を多く含んだ飼料を多給される牛の糞には
でん粉がさらに多く含まれると考えられる。
これらのことより、牛の給与飼料条件によ
り飼料中でん粉の消化率が変化するために牛
糞の易利用性炭水化物と繊維性炭水化物の構
成比が変化することが示唆される。

牛糞中炭水化物の主構成成分である繊維性³⁵⁾
炭水化物は図Ⅱ-10の結果から牧草類と同様に
リグニンだけでなくケイ酸によってもその消
化が制限されると考えられる。そこで、牛糞
のOCW中リグニン含量とケイ酸の含量をみる
と図Ⅱ-9に示すようにそれらは慣用飼料のそ
れよりも高い値を示す。牛に給与される飼料
の繊維性炭水化物はリグニン化の低い部分が
牛に消化されるが、その高い部分は十分に
消化を受けずに糞中へ排出されると考えられ
る。また飼料中ケイ酸は不消化である³⁰⁾のでそ
のまま排出される。そのために牛糞はリグニ
ン化の高い繊維性炭水化物を含み、しかもケ
イ酸の含量も高いので牛糞の繊維性炭水化物

の利用性は一般にかなり低いものと考えられる。

しかし、図Ⅱ-8に示すように牛糞のOCWの*in vitro*消化率には変動が大きい。またそれは肥育牛糞で肉用種繁殖牛糞に比べて高い。この場合、OCW中リグニン含量は肥育牛糞で低いがケイ酸含量は肉用種繁殖牛糞で高く、OCW含量は両者に差はない。OCWの*in vitro*消化率が肥育牛糞で高いのはそのOCW中リグニン含量とケイ酸含量が肉用種繁殖牛糞よりも低いためである。肥育牛は濃厚飼料を主体とした飼料を多給されるが、このような給与飼料条件下では飼料中繊維性炭水化物は十分に消化されない³²⁾ので、その糞にはリグニン化のあまり高くはない繊維性炭水化物が含まれると考えられる。また、ケイ酸は濃厚飼料に比べてわら類や牧草類などの粗飼料に多く含まれるので、粗飼料を主体とした飼料を給与される肉用種繁殖牛の糞には肥育牛糞に比べてケイ酸を多く含むものと考えられる。これらのこと

から、牛糞の繊維性炭水化物は必ずしも利用性の低いものばかりではなく、その利用性には変動が大きく、稲わらのそれに近い利用性をもつ OCW が牛糞に含まれることもあるが、それは牛の給与飼料条件によって給与飼料中繊維性炭水化物の消化される程度および牛糞中ケイ酸含量が変化するためであることが示唆される。

第7節 牛糞の飼料成分構成に及ぼす

給与飼料条件の影響

1. 試験目的

これまでの試験において、肥育牛糞の消化率と可消化成分が肉用種繁殖牛糞のそれと比べて高いことを認めた。これは肥育牛においては比較的濃厚飼料を多く含む、いわゆる高エネルギー飼料が給与されるのに対し、肉用種繁殖牛では粗飼料を主体とした飼料をほぼ維持要求量を満たす程度に給与されているためと考えられる。

そこで、本節ではめん羊を用い、これに給与する飼料の違いが飼料の消化率と糞の構成成分にどのような影響を及ぼすのかを検討した。

なお、これまでの試験で牛糞の消化率と可消化成分の違いはそれを構成する炭水化物の形態によるところが大きいことが明らかとなったので、本節では炭水化物を中心として実験を行った。

2. 実験材料と方法

飼料は粗飼料としてオーチャードグラスとチモシーを主体とした混播牧乾草，濃厚飼料としてはばん砕大麦を用いた。両者の配合割合を表Ⅱ-17に示すように3段階設けた。これらの飼料の化学成分組成は表Ⅱ-17に示すようである。また，飼料摂取量水準を代謝体重（

表Ⅱ-17. 給与飼料の配合内容と化学成分組成

項 目	試験区		
	R区	M区	C区
配合内容，重量%			
牧乾草 ¹⁾	80	50	20
ばん砕大麦	20	50	80
化学成分組成			
乾物，%	94.2	95.1	96.0
	乾物%		
CC	40.8	52.0	63.8
RAC	15.1	26.9	39.3
NDF	59.2	48.0	36.2
リグニン	8.0	5.8	3.6
ケイ酸	1.1	1.0	0.9
$\langle \text{リグニン} \div \text{NDF} \rangle \times 100$	13.6	12.4	10.2
$\langle \text{ケイ酸} \div \text{NDF} \rangle \times 100$	1.8	2.1	2.5

注> 1) オーチャードグラス・チモシー混播牧乾草

$W^{\frac{3}{4}} \text{ kg}$ の 6 % (H 区) と 4 % (L 区) の 2 段階設
けた。

供試動物は去勢成めん羊 6 頭 (平均体重 42.
2 kg) を用い, 表 II-18 に示すように 3^2 型ラテ
ン方格法とし, 主試験区である 2 頭ずつを分
割して 2 次因子である飼料摂取量因子の 2 水
準をわりあてる分割区法³⁷⁾を用いて, これによ
り飼料の種類と飼料摂取量の 2 つの要因が
飼料消化率と糞中成分の特質に及ぼす影響を
検討しようとした。なお, 各試験期の消化試

表 II-18. 実験計画

		動物群		
		B ₁	B ₂	B ₃
期 間	A ₁	R { $\begin{smallmatrix} H \\ L \end{smallmatrix}$	M { $\begin{smallmatrix} H \\ L \end{smallmatrix}$	C { $\begin{smallmatrix} L \\ H \end{smallmatrix}$
	A ₂	M { $\begin{smallmatrix} L \\ H \end{smallmatrix}$	C { $\begin{smallmatrix} L \\ H \end{smallmatrix}$	R { $\begin{smallmatrix} H \\ L \end{smallmatrix}$
	A ₃	C { $\begin{smallmatrix} L \\ H \end{smallmatrix}$	R { $\begin{smallmatrix} L \\ H \end{smallmatrix}$	M { $\begin{smallmatrix} L \\ H \end{smallmatrix}$

飼料給与量 (1 日あたり)

H 区 代謝体重 $W^{\frac{3}{4}} \text{ kg}$ の 6 %

L 区 代謝体重 $W^{\frac{3}{4}} \text{ kg}$ の 4 %

験は馴致期, 予備期それぞれ 7 日間, 試験期
5 日間の全糞採取法¹¹⁾によつて実施した。めん

羊は代謝箱で単飼し、1日の飼料給与量を算分して朝夕に給与した。また、水は自由飲水とし、他に必要量の食塩³⁸⁾を給与した。

飼料および採取めん羊糞¹⁰⁾については乾物¹⁰⁾(DM), 単少糖類²⁰⁾, でん粉²⁰⁾, NDF²²⁾, リグニン²¹⁾および前節で示した方法によりケイ酸のそれぞれの含量を測定し、CC含量はDMからNDFを差し引いて求め、単少糖類とでん粉含量の合計量を易利用性炭水化物(RAC)含量とした。飼料の消化率はDM, CC, RACおよびNDFについて求め、また糞中のRACとNDFの含量およびNDF中のリグニンおよびケイ酸含量を求め、さらにNDFの*in vitro*消化率(IVNDFD)を測定した。なお、本節では飼料と糞のCCとCWの分離にはND法を用いている。それはND処理によって糞中の細菌残渣や内因性排出物が除去されるのでNDF消化率を求めることにより飼料中細胞膜構成物質の真の消化率を知ることができ¹⁵⁾、また本章第3節で酵素法により得られるCWとND法によるそれ(NDF)の含量と*in*

vitro での消化率にはそれぞれ高い正の相関関係のあることが示されたからである。そのため、本節では CW 分画を NDF として示すことにする。

めん羊糞中 NDF の第一胃内細菌による *in vitro* 消化率は本章第 3 節とは異なり以下の方法を用いて求めた。まず、糞に ND 処理を施しその処理残渣を 3 紙上にとり糞中 NDF を抽出した。3 紙上の残渣を McDougall の人工³⁹⁾ 消化液⁴⁰⁾ 39 ml を用いて 100 ml 容三角フラスコへ移した。つぎに尿素溶液 (1 ml あたり 6 mg 窒素⁴¹⁾ 量に相当するように尿素を人工⁴²⁾ 消化液に溶解したもの) 1 ml と第一胃内細菌液 10 ml を加え、ブンゼンバルブ⁴²⁾ を付けたゴム栓をして 38℃ の恒温水槽内で 48 時間振とう培養し、培養後の乾物消失率を IVNDFD とした。なお、第一胃内細菌液はオーチャードグラス・ケモシー混播牧乾草のみで飼養されているフィステル装着去勢牛より朝の給餌前に採取した第一胃内容物から堀井らの方法⁴¹⁾ に従い調製した。

得られたデータは分散分析して飼料の種類、飼料摂取量および(飼料の種類×飼料摂取量)の交互作用の3つの要因の効果をそれぞれ検定し、飼料の種類ごとの平均値の比較は範囲Qを用いるTurkeyの方法⁴³⁾によ、て行、た。

3. 結 果

得られた結果は表II-19のようである。

表II-19. 給与飼料条件が飼料の消化率と糞中炭水化物構成に及ぼす影響

要 因 項 目		飼 料 の 種 類 (n=6)				飼 料 摂 取 量 (n=9)		
		R	M	C	SE	H	L	SE
飼 料 の 消 化 率 (%)								
乾 物		62.4	67.7	66.5	1.0	64.6	66.5 [*]	0.4
CC		71.4 ^b	79.5 ^{ab}	81.9 ^a	1.1	77.9	77.2	0.2
RAC		99.6	99.8	99.6	0.0	99.6	99.7	0.0
NDF		56.2 ^a	55.0 ^{ab}	39.5 ^b	2.1	47.8	52.6 [*]	0.6
糞 中 炭 水 化 物 構 成								
RAC (乾物%)		0.15 ^b	0.16 ^b	0.26 ^a	0.00	0.19	0.18	0.01
NDF (乾物%)		68.9	66.8	65.3	0.6	68.3 [*]	65.6	0.2
IVNDFD (%)		24.2 ^b	24.9 ^b	38.2 ^a	0.2	33.4 [*]	24.8	1.4
可消化NDF含量(乾物%)		16.7 ^b	16.6 ^b	25.0 ^a	0.04	22.6 [*]	16.2	0.9
NDF中リグニン含量(%)		30.0 ^a	27.5 ^{ab}	19.7 ^b	1.0	23.7	27.7 [*]	0.9
NDF中ケイ酸含量(%)		4.4	5.5	5.5	0.3	4.7	5.5 [*]	0.1
NDF中<リグニン+ケイ酸>含量(%)		34.4 ^a	33.0 ^a	25.2 ^b	0.7	28.4	33.3 [*]	1.0

注) a, b; 異なる文字の間には有意な差(危険率5%)のあることを示す。

* ; 有意な差(危険率5%)のあることを示す。

まず、飼料の種類の影響をみると飼料中 DM 消化率には3つの区間に有意な差はなかった。CC 消化率はC区でM区とR区よりも高かったが、RAC の消化率はどの区でも 99.6 % 以上の高い値を示した。そのため排出糞中 RAC 含量はもっとも高いC区でも乾物中の 0.26 % と著しく低かった。飼料中 NDF 消化率はC区でもっとも低く、R区とM区との間に差はないが、R区とC区の間差は有意であった。糞中 NDF 含量は3区間に差はなかったが、IVNDFD と可消化 NDF 含量はともにC区でR区とM区に比べて高かった。また、NDF 中のケイ酸含量は3つの区間で差はなかったが、NDF 中リグニン含量がC区でR区とM区に比べて低いために NDF 中のくりグニン＋ケイ酸の含量はC区でR区とM区に比べて低かった。

つぎに飼料摂取量水準の影響をみると、飼料のCCとRACの消化率はいずれもH区とL区間に差はなく、RACはどの区でもほぼ完全

に消化されており，その糞中含量は乾物中 0.2 % 以下であった。しかし飼料中 NDF 消化率は L 区で H 区よりも高かった。糞中 NDF 含量，IV NDFD および可消化 NDF 含量はともに H 区で L 区よりも高く，NDF 中リグニン，ケイ酸およびくりグニン＋ケイ酸の含量はいずれも L 区で高かった。

なお，表 II-20 に示すように（飼料の種類）×（飼料摂取量）の交互作用は糞中 RAC 含量

表 II-20. 糞中 RAC 含量についての分散分析表

要 因	平方和	自由度	平均平方	F。
1 次 試 験:				
飼料間	0.04361	2	0.0218	290.73*
動物群間	0.00054	2	0.00027	3.60
期 間	0.00124	2	0.00062	8.27
1 次 誤 差	0.00015	2	0.000075	0.22
2 次 試 験:				
飼料摂取量水準間	0.0008	1	0.0008	2.36
交互作用 ¹⁾	0.00943	2	0.00472	13.94*
2 次 誤 差	0.00203	6	0.00034	

注) 1) (飼料) と (飼料摂取量水準) との間の交互作用

* 危険率 5% で有意であることを示す。

のみにおいて有意であった。そこで、飼料の種類ごとに飼料摂取量の効果を検討すると、表Ⅱ-21に示すようになった。すなわち、この

表Ⅱ-21. 糞中RAC含量に及ぼす給与飼料の種類ごとの飼料摂取量の効果についての分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F ₀
I(R) ¹⁾	6.67×10^{-5}	1	6.67×10^{-5}	0.197
I(M) ¹⁾	1.35×10^{-3}	1	1.35×10^{-3}	3.99
I(C) ¹⁾	8.82×10^{-3}	1	8.82×10^{-3}	26.069*
2次誤差	2.03×10^{-3}	6	3.38×10^{-4}	

注) 1) I(R), I(M)およびI(C)はそれぞれ, R区, M区およびC区
の飼料における飼料摂取量の効果を意味する
*効果があることを示す(危険率5%)

の飼料においてのみ飼料摂取量の効果は有意である。それで、C区の飼料を多く給与したためん羊と少なく給与したためん羊の糞中RAC含量を比較すると表Ⅱ-22に示すように飼料摂取量の高いめん羊の糞中RAC含量が高い。つまり、R区とM区の飼料では飼料摂取量が増加しても糞中RAC含量は高くないが、濃厚飼料を主体としたC区の飼料をめん羊が

表Ⅱ-22 C区の飼料を多く給与しためん羊
と少なく給与しためん羊の
糞中RAC含量の比較(乾物%)

高給与量水準	低給与量水準
0.29±0.02	0.22±0.02
平均値±標準偏差(個体差, n=3)	

多く摂取すると糞中RAC含量は高くなった。

4. 考 察

前節で示したように牛糞中炭水化物の主構成成分はNDF中炭水化物, つまり繊維性炭水化物であるが, その反すう動物による消化率は肥育牛糞で肉用種繁殖牛糞よりも高かった。一般に肉用種繁殖牛は粗飼料を主体とした飼料をほぼ維持要求量を満たす程度に給与されるが, 肥育牛は濃厚飼料を多く含む飼料をしかも自由摂取に近いぐらいに給与されるのが常である。本試験の結果から明らかなように濃厚飼料を主体としたC区と粗飼料を主体としたR区を比較すると, 飼料中NDFはR区で

多いのにかかわらず糞中 NDF 含量にはほとんど差がない。これは R 区において飼料中 NDF 消化率がと区より高いためである。しかし、糞中の NDF についてみると、R 区の方がと区より NDF 中リグニンが多く含まれ、IVNDFD も R 区で低い。このことはと区では飼料中 NDF が消化管内で十分な消化を受けずに糞中へ排出されていることを示している。また、飼料摂取量が多くなると飼料中 NDF の消化率は低下し、糞中 NDF のリグニン含量が低くなり、IVNDFD は高くなる。すなわち、肥育牛では濃厚飼料を多く含む飼料を給与されるとともに飼料摂取量が多いという2つの効果が相加的に働くために肉用種繁殖牛に比べて糞中 NDF の可消化量つまり NDF 中炭水化物の可消化量が高いものと考えられる。

前節において、肥育牛糞には肉用種繁殖牛糞に比べて RAC が多く含まれることを示したが、本実験でのめん羊糞中の RAC 含量はいずれの区でも著しく低かった。これは本実験で

設定した飼料摂取量水準がそれほど高くなかったことによるのかもしれないが、Wilson 等の報告⁴⁴⁾によるとめん羊によるところの有機物消化率は牛に比べてかなり高いので、めん羊は牛よりも飼料中のでん粉をよく消化するためかもしれない。ただ、本実験でのめん羊糞中 RAC 含量は飼料の種類と飼料摂取量との間の交互作用によって変化することが認められた。すなわち、濃厚飼料を主体とした飼料を給与する効果と飼料摂取量の増加の効果と同時に働いた場合にのみ糞中 RAC 含量は増加している。肉用種繁殖牛糞に比べて肥育牛糞で RAC 含量が高いのは肥育牛が濃厚飼料を主体とした飼料を多く給与しているためと考えられる。なお、前節で肥育牛糞でも RAC 含量の高いものと低いものとが認められた。その場合、RAC の高い牛糞は中目の粉砕とうもろこしが給与されていた牛のものであった。糞中 RAC 含量は飼料の種類や飼料摂取量だけでなく、給与飼料とくに穀類の物理的

形態の違いによって変化する³⁶⁾のかもしれない。
しかし、このことについては本実験の結果か
らは明らかではないので今後の検討課題とし
たい。

第8節 要 約

牛糞は牛に給与された飼料が消化管内で種々の消化作用をうけて糞へ排出された残渣と内固性排出物および細菌残渣から構成されているので、それには慣用飼料にない特質があるものと思われる。そのため、牛糞を飼料として利用するにあたっては、まずその飼料特性を明らかにする必要があるものと考え、本章では牛糞の飼料成分の特質について検討を加え、以下のような知見を得た。

1. 牛糞の飼料成分の特質と反すう動物に対する栄養価を知るために、一般成分とエネルギーの含量およびそれらのめん羊による消化率を測定した。その結果、牛糞の乾物含量は20%程度であり水分の高いものであったが、乾物に多く含まれる成分は炭水化物であり、粗たん白質と粗灰分も比較的多く含まれており、粗脂肪は非常に少ないことが知られた。また、牛糞の消化率には変動が大きく乾物消

化率は19～52%の間にあり，そのため乾物あたりの栄養価に変動が大きく，それが低いものではもみ殻，高いものでは開花期のイネ科乾草に近いものであることが知られた。

2. 飼料成分の特質を一般分析法よりも正確に把握する方法として，中性デタージェント(ND)処理または酵素処理により，飼料をその細胞内容物質(cc)と細胞膜(cw)とに分画する方法がある。牛糞にその飼料分析法を適用するにあたり，ND法と酵素法のいずれが適しているのかを検討した。その結果，ND法では酵素法よりもリグニンと構造炭水化物が多く溶出してcc分画に含まれるので，この方法を牛糞に適用するにはND法より酵素法が適していることが知られた。

3. 牛糞の飼料成分の特質を検討するために牛糞を酵素法により，ccとcwとに分け，それぞれの含量とめん羊による消化率を測定し

た。その結果、牛糞のCCは反すう動物によつてほぼ完全に消化される分画であることが知られた。一方、牛糞は点のCCとCWの含量と *in vitro* CW消化率を測定した結果から、牛糞は粗飼料的な性質を有する飼料であるが、その繊維性成分の利用性は低いことが知られた。

4. 牛糞中粗たん白質(CP)の特質を知るために、CPを酵素処理によつてその可溶CP(CC-P)と不溶CP(CW-P)とに分けて検討した。その結果、牛糞のCPは酵素処理によつて利用性の高いCP(CC-P)と著しく低いCP(CW-P)とに分けられ、牛糞にはCW-Pが多いので牛糞のCPは慣用飼料に比べて利用性が低いことが知られた。また、牛糞のCPのCC-PとCW-Pの構成割合は一定ではないので、牛糞中CPの利用性に大きな変動のあることが知られたが、牛の給与飼料条件がCPのCC-PとCW-Pの構成割合に変動をもたらす要因の一つであると考えられた。

5. 牛糞の炭水化物の特質を酵素処理可溶

炭水化物 (NcWFE) と酵素処理残渣中有機物 (OCW) の分画から検討した。その結果、牛糞中炭水化物の主構成成分は繊維性炭水化物であるが、給与飼料条件によって牛が飼料中であん粉を消化する程度が異なるために、排出糞中炭水化物に占める易利用性炭水化物と繊維性炭水化物の割合は変化することが示唆された。また、牛糞の繊維性炭水化物はリグニンとケイ酸によって消化が制限され、しかも牛糞にはリグニンとケイ酸が多く含まれるので、その利用性は慣用飼料よりも低いと考えられた。しかし、牛の給与飼料条件によれば飼料中繊維性炭水化物の消化が十分に行われないうちがあるもので、牛糞の繊維性炭水化物は必ずしも利用性が著しく低いものばかりではなく、濃厚飼料を多給される牛の糞においては殆どそのそれに近い利用性をもつ繊維性炭水化物が含まれる可能性が示された。

6. 給与飼料に占める粗飼料と濃厚飼料の

混合割合と飼料摂取量が給与飼料の消化率と糞中飼料成分構成に及ぼす影響を、とくに炭水化物成分に着目してめん羊を用いて検討した。その結果、濃厚飼料を多く含んだ飼料を給与する場合には粗飼料を主体とした飼料に比べて給与飼料中 NDF の消化率は低く、糞中 NDF の第一胃内細菌による可消化成分は高く、一方飼料摂取量が高くなれば飼料中 NDF の消化率は低くなり、糞中の NDF 可消化成分も多くなることが知られた。さらに、粗飼料を主体とした飼料では飼料摂取量が増加しても糞中易利用性炭水化物含量は高くないが、濃厚飼料を多く含んだ飼料では飼料摂取量が高くなれば、それが高くなることが知られた。

第3章

牛糞の飼料価値の簡易推定法 に関する研究

第1節 緒言

前章で検討したように、牛糞の飼料としての価値は牛の給与飼料条件によつて異なる。

牛の給与飼料条件は牛を飼養するときの生産目的によつて変わるし、また同じ生産目的でも飼育者によつてかなり異なる。そのため、牛糞を他の飼料と混合して牛の養分要求量を満たすような給与飼料を作成しようとするれば、利用する牛糞ごとにその飼料価値を確かめる必要がある。また、牛糞の飼料としての利用を検討する研究においても、その栄養価を測定する必要に迫られることがしばしばあるものと考えられる。

飼料価値を求めるにはその消化率が重要な要素であるが、消化率の査定は一般に動物を用いた消化試験によつてなされる。しかし、

牛糞のように嗜好性のあまりよくないものでは基礎飼料を併用して消化率を求め、さらに基礎飼料の消化率をも求めてその差から供試飼料の消化率を求める方法をとらなければならぬ。この場合、供試飼料を単一給与して行う消化試験に比べて、基礎飼料の消化率をも同時に測定しなければならないので、より多くの労力・時間および費用を必要とする。そのうえ、動物を用いた消化率の査定においては、動物の生理的条件や飼育条件などによって同一飼料においてもかなりの差を生じる恐れがある。

そこで、本章では牛糞の飼料価値を簡易に測定する方法について検討しようとした。栄養価としては、一般にたん白質は可消化粗たん白質(DCP)、エネルギーは可消化エネルギー(DE)か可消化養分総量(TDN)で示れることが多い。このうちDCPは前章第5節で示したように牛糞を酵素処理し、その可溶部分中粗たん白質含量から求めることが可能である。

そこで、本章では主として牛糞の可消化エネルギーを実験室内で簡易に推定する方法についての検討を行った。

第2節 牛糞における可消化有機物 含量と可消化エネルギー含量 との関係

1. 試験目的

本試験でこれまであつた21種類の牛糞の一般成分組成をみると、炭水化物や粗たん白質の含量は給与飼料条件によつてかなり変動するが、粗脂肪含量は一般に比較的少なく、しかもあまり大きな変動を示さない。(表Ⅲ-1)これは脂肪含量の高い飼料を牛に給与すれば、下痢その他の障害を発生することがあるため、給餌の段階で配慮されていること、ならびに脂肪の消化率が一般に高いことによるものと考えられる。

表Ⅲ-1. 牛糞の粗脂肪の含量,
消化率および可消化成分

項 目	n	平均値±標準偏差
含量(乾物%)	21	2.9±0.7
消化率(%)	5	64.6±28.6
可消化成分(乾物%)(1)	5	1.3±0.9
(1)×1.25	5	1.6±1.1

前述のごとく家畜に利用可能な飼料中のエネルギーとしては、わが国ではDEまたはTDNで示されることが多い。そうしてDEとTDNとの間には比較的一定の関係のあることが知られている。

ところで、飼料のTDNは次式で求められる。

$$\text{TDN}(\%) = \text{可消化粗たん白質}(\%) + \text{可消化粗繊維}(\%) +$$

$$\text{可消化可溶無窒素物}(\%) + \text{可消化粗脂肪}(\%) \times 2.25$$

ここで、可消化粗たん白質、可消化粗繊維、可消化可溶無窒素物および可消化粗脂肪を加えると可消化有機物(DOM)となるため、上式は次のように変換される。

$$\text{TDN}(\%) = \text{DOM}(\%) + \text{可消化粗脂肪}(\%) \times 1.25$$

この式でさらに述べたように可消化粗脂肪含量にあまり変動がないとすれば、TDNはDOMと深い関係があるはずである。もし、これが事実であるならばTDNを求めるのに各成分の消化率を求める必要はなく、DOM含量のみを求めることにより推定できることになる。

そこで、本節ではまず、組成の異なる牛糞

において DOM と TDN あるいは DE との間にはどのような関係が認められるかについて検討した。

2. 試験方法

第2章第2節でめん羊を用いた消化試験を実施して DOM, TDN および DE の含量の明らかな牛糞5点を供試した。これらの DOM, TDN および DE の含量は表Ⅲ-2 に示すようであった。

表Ⅲ-2. 供試牛糞の DOM, TDN および DE の含量¹⁾

牛糞の種類	DOM (乾物%)	TDN (乾物%)	DE (Mcal/乾物kg)
肉用種繁殖牛糞	17.0	17.7	0.86
肥育牛糞 a	49.7	51.2	2.40
肥育牛糞 b	37.2	40.2	1.92
乳用種泌乳牛糞	33.5	37.9	1.78
固形部分	11.8	12.5	0.62

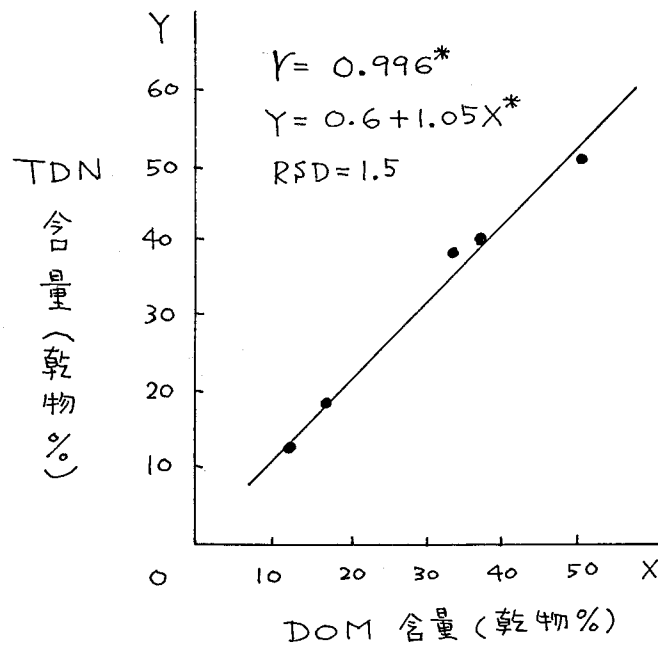
注) 1) めん羊を用いた消化試験より求めた結果

表Ⅲ-2 に示したデータから牛糞の DOM と TDN または DE との間の相関係数を求め回帰分析³⁾を行った。

3. 結果と考察

牛糞の DOM と TDN または DE との間の相関と回帰を調べた結果をそれぞれ図Ⅲ-1 と図Ⅲ-2

に示す。相関係数はいずれも有意で，しかも

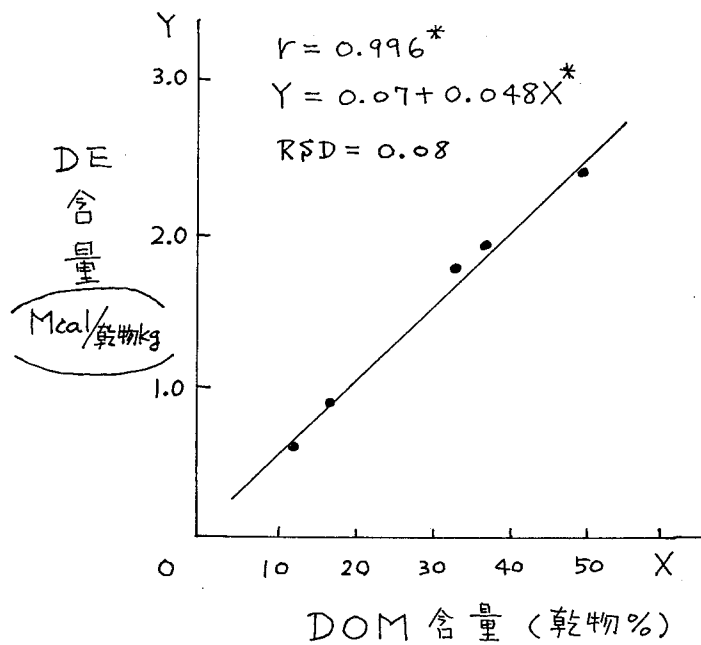


図Ⅲ-1. 牛糞のTDNとDOMの関係

*: 相関係数または回帰式が
有意であることを示す。(危険率5%)
RSD: 回帰からの標準偏差

非常に高かった。また，いずれも有意な直線回帰式が得られた。

つぎに，ここで得られた回帰式を用いて，DOMからTDNとDEをそれぞれ推定する場合の区間推定を調べると表Ⅲ-3のようになる。区間推定の幅は牛糞5点のDOMの平均値からTDNとDEとを推定する場合にもっとも小くなるが，DOMがその平均値からへだたるにつ



図Ⅲ-2. 牛糞のDEとDOMの関係

*; 相関係数または回帰式が有意であることを示す(危険率5%)

RSD: 回帰からの標準偏差

れて大きくなる³¹⁾。本試験で得られた回帰式はDOMが10%～50%の牛糞を用いて導かれたものである³¹⁾ので、この範囲内でTDNとDEを推定するのが望ましい。それで表Ⅲ-3では区間推

表Ⅲ-3. DOMからTDNまたはDEの区間推定

DOM (乾物%)	TDN (乾物%)		DE (Mcal/乾物kg)	
	点推定値	区間推定 ¹⁾	点推定値	区間推定 ¹⁾
10	11.1	7.3 ~ 14.9	0.55	0.36 ~ 0.74
50	53.1	49.3 ~ 56.9	2.47	2.28 ~ 2.66

注) 1) 危険率5%

定の幅が大きくなると考えられるDOM含量が

10%と50%のときのTDNとDEの区間推定を行った。それぞれのDOMにおける区間推定の幅はTDNで約8%, DEで0.4 Mcal/kgである。本試験で導かれた回帰式を用いてDOMからTDNあるいはDEを推定しようとするとき最大でこの程度の幅のあることに留意する必要がある。

第3節 人工反すう胃法を用いて 牛糞の可消化有機物および 可消化エネルギーを推定 する方法の検討

1. 試験目的

前節では牛糞の TDN あるいは DE は DOM とえ
測定すれば推定され得ることを示した。しか
し、DOM の測定にはやはり動物を用いた消化
試験を行う必要があり、それには手間が多く
かかる。

飼料の有機物消化率を簡易に推定する方法
の一つとして人工反すう胃法 (AR 法) がよく
用いられる。その方法では一般に試料をまず
第一胃内細菌で消化したのち、さらにそこで
生産された菌体たん白質を消化するためにた
ん白質分解酵素⁴²⁾ あるいは ND 処理²⁶⁾ が施される。
前章第4節で、牛糞ではたん白質分解酵素で
あるプロナーゼを用いた酵素処理によって溶
出される成分は反すう動物による消化性の高
いことが示唆されたので、牛糞を対象とする

AR法においてもたん白質消化にその酵素を用いた処理が適しているものと思われる。

そこで、本節では第一胃内細菌消化ののちのたん白質消化操作にプロナーゼによる消化を用いたAR法によつて、牛糞のDOM含量を正しく推定できるのかを検討し、さらにこの方法を用いてのTDNとDEの推定を試みた。

2. 実験材料と方法

実験に用いた牛糞は前章第2節でめん羊による消化試験からDOMとTDNおよびDEの明らかにされているものであった。各牛糞はめん羊による消化試験に供した際、乾燥されて1mmのフルイを付けたウィレー式粉砕器を通されたものであるので本試験ではそのまま供した。

AR法によるDOMの測定は牛糞をめん羊の第一胃内細菌で培養したのち得られる残渣をたん白質分解酵素で処理する方法によつて行つた。第一胃内細菌による培養は堀井らの方法⁴¹⁾に従い、酵素処理は阿部・堀井の方法²²⁾によつ

て行ったが一連の実験操作の概要は以下のようである。

牛糞の試料 0.5g を培養管（直径 3 cm, 長さ 20 cm）に秤取りし, McDougall の人工消化液に炭酸ガスを飽和したのち 1 N 炭酸ナトリウム溶液で pH を 7.0 に調整したものを 40 ml 加えた。つぎに第一胃内細菌溶液 10 ml を加えて培養管を 38 °C の恒温水槽内に入れ, 炭酸ガスを通気させながら 48 時間培養した。第一胃内容物はオーチャードグラス・チモシー混播牧草と普通ふすまを重量比でそれぞれ 2 対 3 に混合した飼料を体重の約 2 % 量, 朝夕に等分給与した。フィステル装着めん羊から朝の給餌前に採取し, それを二重ガーゼで絞ったる液を 1000 rpm, 5 分間遠心分離してその上澄みを第一胃内細菌液とした。培養後, 培養管内の内容物を遠心分離管に移し 3000 rpm, 15 分間遠心分離し, 上澄みを捨て残渣を得た。遠心分離管内の残渣に酵素溶液（科研化学製プロナーゼ E を 0.02 % (w/v) 濃度となるように pH 7.4 の

リン酸緩衝液に溶解したもの) をポリエチレン製洗條ビンから吹きつけて 50 ml 容ポリスチロール製サンプルビンに移し, サンプルビンに酵素溶液で満たし, 栓をして 40℃ の恒温水槽内で振とうしながら 16 時間放置した。酵素処理後, あらかじめアルミ皿に入れて恒量の求められたろ紙 (東洋 3 紙 No. 5A, 12.5 cm 径) でサンプルビンの内容物をろ過し, 残渣を水とアセトンで洗滌した。残渣の入ったろ紙をもとのアルミ皿に移し, 60℃ の通風乾燥器内で一夜乾燥したのを 135℃ で 2 時間乾燥して残渣中乾物量 (D_s) を求め, さらに磁製ルツボに移し 600℃ で 2 時間灰化して残渣中粗灰分量 (A_s) を求めた。なお, 測定に際してはサンプルを入れないブランクをも同様に操作した。また, 一つの試料ごとに 2 連で測定した。AR 法による DOM ($AR \cdot DOM$) は次式により求めた。

$$AR \cdot DOM (\text{乾物}\%) = OM - \frac{(D_s - D_0) - (A_s - A_0)}{W \times \frac{DM}{100}} \times 100$$

ここで, D_0 と A_0 はそれぞれブランクでの消化

後残渣中の乾物量と粗灰分量で、OMは試料の有機物含量（乾物%）、Wは供試試料の量、DMは試料の乾物含量（%）を示す。

得られたデータから in vivo DOM と $\text{AR} \cdot \text{DOM}$ との間の相関と回帰³¹⁾を調べ、また両者の間の差を検定⁴⁵⁾した。

また、 $\text{AR} \cdot \text{DOM}$ を本章第2節で得られた DOM と TDN あるいは DE との間の関係式に代入して TDN と DE を求め、 in vivo での値との差を検定⁴⁵⁾した。

3. 結果と考察

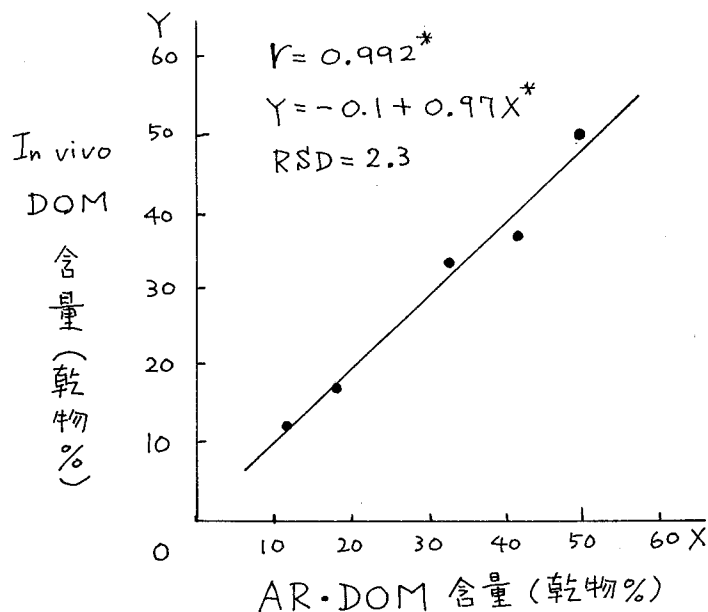
$\text{AR} \cdot \text{DOM}$ を測定した結果を in vivo DOM と比較して表Ⅲ-4に示す。両者の間の相関と回帰を

表Ⅲ-4. $\text{AR} \cdot \text{DOM}$ と in vivo DOM の比較

項目 牛糞の種類	DOM (乾物%)	
	AR法	in vivo
肉用種繁殖牛糞	18.4 ± 0.6 ¹⁾	17.0
肥育牛糞 a	49.9 ± 0.0	49.7
肥育牛糞 b	41.7 ± 1.5	37.2
乳用種泌乳牛糞	32.8 ± 1.7	33.5
固形部分	11.9 ± 0.8	11.8

注) 1) 2連間の平均値 ± 標準偏差

調べた結果は図Ⅲ-3に示すようであり，そこ



図Ⅲ-3. 人工反刍胃法によって測定したDOM (AR·DOM) 含量と in vivo DOM 含量との関係
*: 相関係数または回帰式が有意であることを示す(危険率5%)
RSD: 回帰からの標準偏差

で得られる直線式での回帰からの標準偏差は2.3と小さいので，AR·DOMをその式に代入して in vivo DOMを正確に推定できる。しかし，表Ⅲ-4をみるとAR·DOMと in vivo DOMの差は小さい。そこで両者の差を検定すると表Ⅲ-5に示すように有意な差はない。それで，AR·DOMをそれと in vivo DOMとの間の関係式に代入しなくても，そのまま in vivo DOMを偏りなく推

表Ⅲ-5. AR・DOM と in vivo DOM
との間の差の検定

項 目	測定値
差の平均値 (\bar{x})	1.1
差の標準偏差 (s_d)	2.0
t 値 ($\bar{x} \times \sqrt{n} / s_d$)	1.20 ¹⁾

注) 1) 得られた t 値は $t(9, 0.05) = 2.78$
よりも小さい

是で き る も の と 考 え ら れ る。

つぎに, AR・DOM を本章第2節で得られた
DOM と TDN ある い は DE と の 間 の 関 係 式 に 代 入
し て TDN と DE を 求 め, そ れ を in vivo での それ
ぞ れ の 値 と 比 較 し て 示 す と 表Ⅲ-6 の よ う に な
る。 TDN と DE と も に AR・DOM か ら 求 め た 値 と

表Ⅲ-6. AR・DOM から求めた TDN と DE と in vivo での それ と の 比 較

牛糞の種類	項 目	TDN (乾物%)		DE (Mcal/乾物kg)	
		AR法 ¹⁾	in vivo	AR法 ²⁾	in vivo
肉用種繁殖牛糞		19.9	17.7	0.95	0.86
肥育牛糞 a		53.0	51.2	2.46	2.40
肥育牛糞 b		44.4	40.2	2.07	1.92
乳用種泌乳牛糞		35.0	37.9	1.64	1.78
固形部分		13.1	12.5	0.64	0.62

注) 1) $0.6 + 1.05 \times \text{AR} \cdot \text{DOM}$

2) $0.07 + 0.048 \times \text{AR} \cdot \text{DOM}$

in vivo での値の差は非常に小さく，両者の差を検定すると表Ⅲ-7に示すように有意な差はない。

表Ⅲ-7. AR・DOM から求めた TDN と DE と in vivo でのそれらとの間の差の検定結果

項 目	差の平均値 \bar{d}	差の標準偏差 Δd	t 値 $\bar{d} \times \sqrt{5} \div \Delta d$
TDN	1.2	2.6	1.02 ¹⁾
DE	0.04	0.11	0.82 ¹⁾

注) 1) 偶られた t 値は $t(4, 0.05) = 2.78$ より小さい

これらのことから，牛糞の TDN と DE は AR 法によって DOM を測定して，次式により正確に推定できることが知られた。

$$\text{TDN (乾物\%)} = 0.6 + 1.05 \times \text{AR} \cdot \text{DOM (乾物\%)}$$

$$\text{DE (Mcal/乾物kg)} = 0.07 + 0.048 \times \text{AR} \cdot \text{DOM (乾物\%)}$$

第4節 牛糞の細胞内有機物含量 と第一胃細菌に可消化な 細胞膜構成有機物含量の 合計量から可消化有機物 含量を求める方法の検討

1. 試験目的

前節ではAR法によって牛糞のDOMを推定でき、それからTDNとDEを正確に推定できることを示した。

AR法ではAR・DOMは牛糞の試料を第一胃内細菌と酵素によって消化しその消化残渣中有機物含量を求めて次式により算出して求めた。

$$\text{DOM (乾物\%)} = \text{有機物 (乾物\%)} - \text{消化残渣中有機物 (乾物\%)} \dots (1)$$

試料の有機物は酵素処理によって細胞内有機物(OC_C)と細胞膜構成有機物(OC_W)とに分けられるが、OC_Cは酵素処理に可溶で前章で示したように利用性の高い成分を含む分画であるので、第一胃細菌と酵素の消化によってほとんど溶出される。一方、OC_Wはその第一胃

細菌に消化される部分 ($Rb \cdot DOcW$) のみが溶出される。それで、AR法での消化残渣中有機物には OCC は含まれないが、第一胃細菌に不消化な OCW ($Rb \cdot IDOCW$) が含まれ、それは次式により示される。

$$Rb \cdot IDOCW (\text{乾物}\%) = \text{有機物} (\text{乾物}\%) - \langle OCC + Rb \cdot DOcW \rangle (\text{乾物}\%) \dots (2)$$

すなわち OCW の第一胃内細菌による可消化部分 ($Rb \cdot DOcW$) を求めれば $Rb \cdot IDOCW$ を求めることができる。

ここで、(1) 式の消化残渣中有機物を $Rb \cdot IDOCW$ で求めようとするならば、(1) 式は次のようになる。

$$\begin{aligned} DOM (\text{乾物}\%) &= \text{有機物} (\text{乾物}\%) - [\text{有機物} - (OCC + Rb \cdot DOcW)] (\text{乾物}\%) \\ &= \langle OCC + Rb \cdot DOcW \rangle (\text{乾物}\%) \end{aligned}$$

すなわち、人工反すう胃法によつて牛糞中の可消化有機物を求める代わりに、まず酵素法によつて OCC と OCW に分け、 OCW のみの消化率を第一胃細菌を用いて求めれば、 DOM を推定できるはずである。

そこで、本節では $\langle OCC + Rb \cdot DOcW \rangle$ と DOM の

関係について検討を加えた。

2. 実験材料と方法

前章第2節でめん羊による消化試験から有機物(OM)とDOMの含量が明らかにされた牛糞4点と固形部分1点を供試した。これらのOCWの第一胃内細菌による消化率(Rb・OCWD)は試料に酵素処理を施して抽出されるCWを第一胃内細菌で消化するという方法で求められるが、これは肉用種繁殖牛糞と肥育牛糞2点については前章第6節でOCW含量とともに明らかにされているのでその数値を用いた。また、乳用種泌乳牛糞と固形部分についてはOCW含量のみが明らかにされているだけなので、これらのRb・OCWDを測定したが、その方法は前章の第4節と第6節で示したとうりであった。

OMからOCWを差し引いてOCCを求め、OCWにRb・OCWDを乗じて第一胃細菌によるOCWの可消化成分(Rb・DOCW)を求めた。これより $OCC + Rb \cdot DOCW$ を算出し、それとDOM含量との間の相関と回帰³¹⁾を調べ、さらに両者の間の

45)
差を検定した。

3. 結果と考察

供試牛糞のOM, OCWの含量およびRb・OCWDは表Ⅲ-8に示すようである。この表のデータ

表Ⅲ-8. 供試牛糞の有機物とOCWの含量およびRb・OCWD

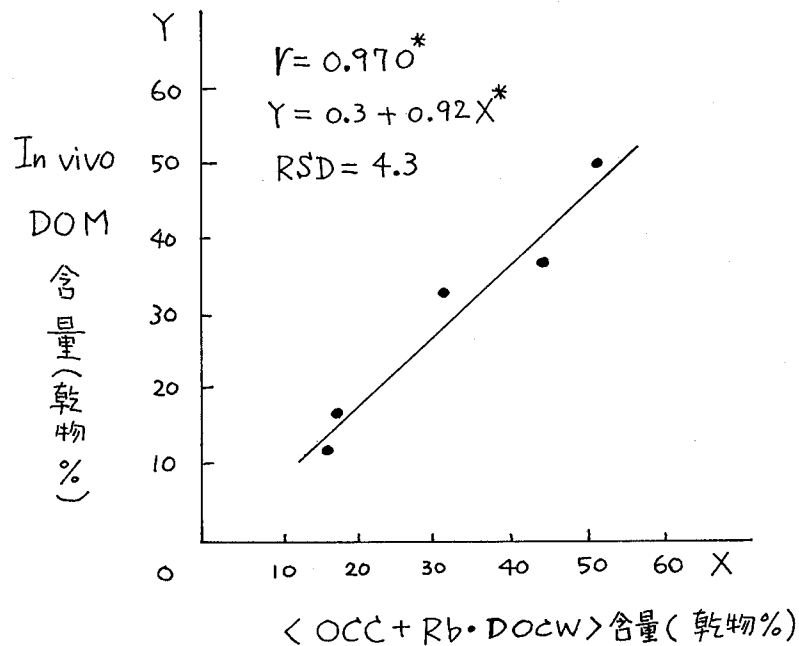
項 目 牛糞の種類	有機物 (乾物%)	OCW (乾物%)	Rb・OCWD (%)
肉用種繁殖牛糞	86.5	74.4	6.7
肥育牛糞 a	87.6	45.5	22.0
肥育牛糞 b	86.6	60.0	30.8
乳用種泌乳牛糞	86.9	69.7	19.7
固形部分	80.9	71.9	9.5

から $\langle OCC + Rb \cdot DOCW \rangle$ の含量を求めて、それを
in vivo DOM 含量と比較して表Ⅲ-9に示す。

表Ⅲ-9. 牛糞の $\langle OCC + Rb \cdot DOCW \rangle$ 含量と in vivo DOM 含量
の比較

項 目 牛糞の種類	OCC (1)	Rb・DOCW (2)	(1)+(2)	in vivo DOM (乾物%)
肉用種繁殖牛糞	12.1	5.0	17.1	17.0
肥育牛糞 a	42.0	10.0	52.0	49.7
肥育牛糞 b	26.6	18.5	45.1	37.2
乳用種泌乳牛糞	17.2	13.7	30.9	33.5
固形部分	8.9	6.8	15.7	11.8

そして $\langle OCC + Rb \cdot DOCW \rangle$ 含量と in vivo DOM 含量の間の相関と回帰を調べた結果を図Ⅲ-4に



図Ⅲ-4. 牛糞の $\langle OCC + Rb \cdot DOCW \rangle$ 含量と in vivo DOM 含量の関係

*: 相関係数または回帰式が有意であることを示す。(危険率5%)

RSD: 回帰からの標準偏差

表Ⅲ-10. 牛糞の $\langle OCC + Rb \cdot DOCW \rangle$ 含量と in vivo DOM 含量との差の検定

項 目	測定値
差の平均値 (\bar{d})	2.3
差の標準偏差 (s_d)	4.0
t 値 ($\bar{d} \times \sqrt{5} \div s_d$)	1.30 ¹⁾

注) 1) 得られた t 値は $t(4, 0.05) = 2.78$ より

も小さい

示し、また両者の間の差を検定した結果を表Ⅲ-10に示す。 $\langle OCC + Rb \cdot DOCW \rangle$ 含量と *in vivo* DOM 含量との間には高い正の相関係数が得られ、両者の間に有意な差はなか、た。

これらのことから、 $\langle OCC + Rb \cdot DOCW \rangle$ 含量を求めることによ、DOM 含量を推定できるものと考えられた。

第5節 細胞膜構成有機物中のリグニン とケイ酸量から牛糞の可消化有 機物および可消化エネルギーを 推定する方法の検討

1. 試験目的

前節で $\langle \text{OCC} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW} \rangle$ 含量から DOM 含量を推定できることを明らかにした。その場合 $\text{Rb} \cdot \text{DOCW}$ をやはり第一胃細菌による人工反すう胃法で求めた。人工反すう胃法を用いる限りやはり第一胃細菌を採取するための動物を飼育する必要があり、しかも飼育条件を一定に保つ必要があるのでは手間がかかる。一方、前章第6節で $\langle \text{リグニン} + \text{ケイ酸} \rangle$ 含量 ($\langle \text{L} + \text{S} \rangle$) の OCW 含量に対する割合 ($\langle \text{L} + \text{S} \rangle / \text{OCW}$) と *in vivo* での OCW 消化率との間に高い負の相関関係のあることが示された。そこでリグニンとケイ酸含量から第一胃内細菌による OCW 消化率 ($\text{Rb} \cdot \text{OCWD}$) を推定できれば酵素処理と化学分析のみから DOM を求められることになる。そうすれば DOM 含量の推定に動物を飼育する

必要はなくなる。

そこで、本節では $Rb \cdot OCWD$ と $\langle L+S \rangle / OCW$ との間の関係を調べ、それによつて推定される $Rb \cdot DOCW$ から求めた $\langle OCC + Rb \cdot DOCW \rangle$ 含量により DOM 含量を推定し、さらにそれから TDN と DE を推定できるのかどうかを検討した。

2. 実験材料と方法

実験 1). $Rb \cdot OCWD$ と $\langle L+S \rangle / OCW$ との関係

牛糞 13 点、と固形部分 1 点を供した。それらの $Rb \cdot OCWD$ ならびに リグニン、ケイ酸および OCW の含量は前節と前章第 6 節の試験で明らかにされていたものである。(表 III-11)

それらの数値を用いて各試料の $\langle L+S \rangle / OCW$ を算出し、それと $Rb \cdot OCWD$ との間の相関と回帰³¹⁾を調べた。

実験 2). $\langle L+S \rangle / OCW$ から求めた DOM, TDN と DE の推定値と in vivo でのそれらの値の比較

第 2 章第 2 節でめん羊による消化試験から DOM, TDN および DE の明らかな牛糞 4 点、と固

表Ⅲ-11. 供試牛糞のOCW, リグニン, ケイ酸およびRb・OCWD

牛糞の種類	項目	OCW (乾物%)	リグニン (乾物%)	ケイ酸 (乾物%)	$\frac{(2)+(3)}{(1)} \times 100$	Rb・OCWD (%)
		(1)	(2)	(3)	(1)	
肉用種繁殖牛糞						
A		74.4	24.0	5.5	39.6	6.7
B		67.5	19.7	10.6	44.9	8.1
C		67.2	16.8	9.6	39.3	13.4
D		65.3	15.7	11.2	41.2	6.7
E		63.0	13.9	18.8	51.9	13.0
肥育牛糞						
a		45.5	8.4	5.0	29.4	22.0
b		60.0	9.6	3.7	22.2	30.8
c		63.1	12.2	7.2	30.7	18.0
d		61.5	10.4	2.8	21.5	20.0
e		36.6	5.8	2.2	21.8	26.2
f		59.0	11.1	7.6	31.7	15.2
g		67.0	13.2	6.9	30.0	9.9
乳用種泌乳牛糞						
固形部分		69.7	15.6	4.0	28.1	19.7
		71.9	19.5	9.8	40.8	9.5

形部分 1 点を供した。各試料のOCW含量は前節で，また $\langle L+S \rangle / \text{OCW}$ と OCW 含量は前章第 6 節で明らかにされている。

各試料の Rb・OCWD は実験 1) で得られた回帰式へ $\langle L+S \rangle / \text{OCW}$ を代入して求め，それに OCW を乗じて Rb・DOCW を算出した。これに OCW を

加えて $\langle \text{OCW} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW} \rangle$ 含量を求め、これを $\langle \text{L+S} \rangle$ 法による DOM の推定値 ($\langle \text{L+S} \rangle \cdot \text{DOM}$) とした。また、このようにして求められた $\langle \text{L+S} \rangle \cdot \text{DOM}$ を本章第2節でえられた DOM と TDN または DE との間の関係式へ代入して $\langle \text{L+S} \rangle$ 法での TDN と DE を求めた。

DOM, TDN および DE のそれぞれについて、 $\langle \text{L+S} \rangle$ 法による推定値と in vivo での値との間の差の検定⁴⁵⁾を行った。

3. 結 果

実験1) $\text{Rb} \cdot \text{OCWD}$ と $\langle \text{L+S} \rangle / \text{OCW}$ との間の相関と回帰を図Ⅲ-5に示す。両者の間には比較的高い相関係数と有意な直線回帰式が得られた。

実験2). 供試した牛糞と固形部分の $\langle \text{L+S} \rangle / \text{OCW}$ を実験1)で得られた回帰式へ代入して求められる $\text{Rb} \cdot \text{OCWD}$ の母平均の点推定値と区間推定を示せば表Ⅲ-12のようである。区間推定の幅は6~10%であり大きかった。しかし、区間推定の上限值と下限値にOCW含量を乗じ

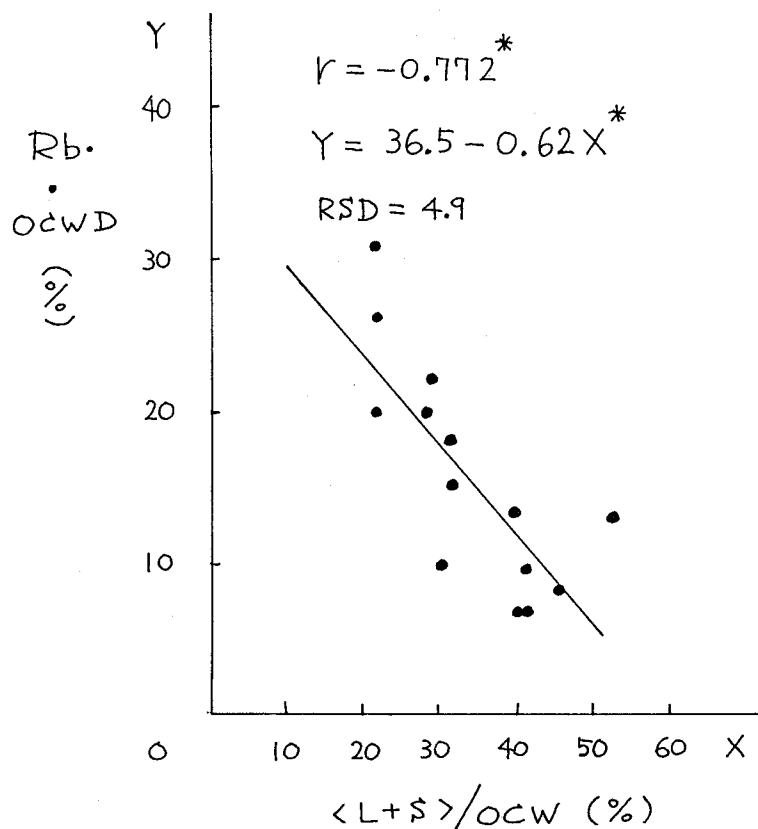


図 III-5. Rb.OCWD と $\langle L+S \rangle / OCW$

との間の相関と回帰

*相関係数または回帰式が
有意であることを示す (危険率5%)

RSD: 回帰からの標準偏差

表 III-12. $\langle L+S \rangle / OCW$ からの Rb.OCWD の推定

項目 牛糞の種類	$\langle L+S \rangle / OCW$	Rb.OCWD (%)		Rb.OCWD (乾物%)	
		点推定値 ¹⁾	区間推定 ²⁾	点推定値	区間推定
肉用種繁殖牛糞	39.6	11.9	8.5 ~ 15.3	8.8	6.3 ~ 11.4
肥育牛糞 a	29.4	18.3	15.1 ~ 21.5	8.3	6.8 ~ 9.8
肥育牛糞 b	22.2	22.7	18.0 ~ 27.4	13.6	10.8 ~ 16.4
乳用種泌乳牛糞	28.1	19.1	15.7 ~ 22.5	13.3	10.9 ~ 15.7
固形部分	40.8	11.2	7.6 ~ 14.8	8.0	5.5 ~ 10.6

注) 1) 点推定値 = $36.5 - 0.62 \times (\langle L+S \rangle / OCW)$

2) 危険率 5%

て求めた Rb・DOCW の推定の範囲をも表Ⅲ-12に示したが、その範囲の幅は3～6%であり満足のものであった。表Ⅲ-13には各試料の <L+S>・DOM を示し、合わせて表Ⅲ-12の Rb・DOCW の下限値と上限値に OCC 含量を加えて、DOM 推定の範囲をも示した。推定の幅は3～6%であった。また、<L+S>・DOM と in vivo DOM を

表Ⅲ-13. <L+S>法による牛糞のDOMの推定
(乾物%)

項目 牛糞の種類	<L+S>・ DOM	推定の範囲	in vivo
肉用種繁殖牛糞	20.9	18.4～23.5	17.0
肥育牛糞a	50.3	48.8～51.8	49.7
肥育牛糞b	40.2	37.4～43.0	37.2
乳用種泌乳牛糞	30.5	28.1～32.9	33.5
固形部分	16.9	14.4～19.5	11.8

比較すれば、肉用種繁殖牛糞と固形部分において両者の差がやや大きい。その他の試料ではほぼ等しかった。つぎに <L+S>法による TDN と DE の推定値と in vivo 値に比較して表Ⅲ-14に示す。表Ⅲ-15に示すように DOM, TDN および DE とともに <L+S>法によって求められる推定値と in vivo 値の間に有意な差はなかった。

表Ⅲ-14. <L+S>法による TDN と DE の推定値
と in vivo 値との比較

牛糞の種類 項目	TDN (乾物%)		DE (Mcal/乾物kg)	
	<L+S>法 ¹⁾	in vivo	<L+S>法 ²⁾	in vivo
肉用種繁殖牛糞	22.5	17.7	1.07	0.86
肥育牛糞 a	53.4	51.2	2.48	2.40
肥育牛糞 b	42.8	40.2	2.00	1.92
乳用種泌乳牛糞	32.6	37.9	1.53	1.78
固形部分	18.3	12.5	0.88	0.62

注) 1) $0.6 + 1.05 \times \langle L+S \rangle \cdot \text{DOM}$

2) $0.07 + 0.048 \times \langle L+S \rangle \cdot \text{DOM}$

表Ⅲ-15. <L+S>法による DOM, TDN および DE の
推定値と in vivo 値との差の検定

	差の平均値 \bar{x}	差の標準偏差 s_d	t 値 $t = \bar{x} \times \sqrt{5} / s_d$
DOM	1.9	3.2	1.32 ¹⁾
TDN	2.0	4.4	1.03 ¹⁾
DE	0.08	0.20	0.90 ¹⁾

注) 1) 得られた t 値は $t(4, 0.05) = 2.78$ よりも小さい

4. 考 察

表Ⅲ-12 に示したように回帰式を用いて <L+S> / OCW から $Rb \cdot OCWD$ を推定する方法は $Rb \cdot OCWD$ の区間推定の幅が 6 ~ 10% と大きいので, $Rb \cdot OCWD$ の推定法としてはあまり適切ではないといえよう。しかし, <L+S> 法では <OCW +

Rb・DocW>をDOMの推定値としている。この場合、Rb・DocWはOCWにRb・OCWDを乗じたものである。前章で示したように牛糞のOCW含量は乾物中30～70%の間にあるので、Rb・OCWDの推定に10%のバラツキがあってもOCC+Rb・DocW>含量は3～7%しか変動しない。表Ⅲ-13に示した結果においてもDOMの推定範囲の幅は3～6%にすぎない。これらのことからDOMは比較的精度よく推定範囲の幅を小さく推定できるものと考えられた。

つぎに $\langle L+S \rangle / OCW$ からDOMを偏りなく推定できるかについて検討すると表Ⅲ-15に示すように $\langle L+S \rangle \cdot DOM$ とin vivo DOMに差はない。 $\langle L+S \rangle \cdot DOM$ をDOMとTDNまたはDEとの間の回帰式に代入して推定されるTDNとDEはin vivoでのそれらと差はない(表Ⅲ-15)。これらのことより牛糞のTDNとDEはそれぞれ次式により推定できるものと考えられた。

$$\begin{aligned} DOM(\text{乾物}\%) &= OCC + OCW \times (36.5 - 0.62 \times \langle L+S \rangle \div OCW \times 100) \\ &= OCC + 36.5 \times OCW - 62 \times \langle L+S \rangle \end{aligned}$$

$$\text{TDN (乾物\%)} = 0.6 + 1.05 \times (0\text{CC} + 36.5 \times 0\text{CW} - 62 \times \langle L+S \rangle)$$

$$= 0.6 + 1.05 \times 0\text{CC} + 38.3 \times 0\text{CW} - 65.1 \times \langle L+S \rangle$$

$$\text{DE (Mcal/乾物 kg)} = 0.07 + 0.048 \times (0\text{CC} + 36.5 \times 0\text{CW} - 62 \times \langle L+S \rangle)$$

$$= 0.07 + 0.048 \times 0\text{CC} + 1.75 \times 0\text{CW} - 2.98 \times \langle L+S \rangle$$

ここで、0CC と 0CW は乾物中のそれぞれの含量で、 $\langle L+S \rangle$ は乾物中の<リグニン+ケイ酸>の含量である。

第3節ではAR法を用いたTDNとDE推定法について述べたが、本節の $\langle L+S \rangle$ 法とそれと比較すると表Ⅲ-16のようになる。推定値とin vivo

表Ⅲ-16. 牛糞のTDNとDEの推定における
AR法と $\langle L+S \rangle$ 法の比較

	TDN		DE	
	AR法	$\langle L+S \rangle$ 法	AR法	$\langle L+S \rangle$ 法
差の ¹⁾ 平均値(̄x)	1.2	2.0	0.04	0.08
差の標準偏差(σd)	2.6	4.4	0.11	0.20

注) 1) 推定値とin vivo値との差。

値との間の差の平均値と標準偏差は $\langle L+S \rangle$ 法でAR法に比べてやや大きい。したがって、 $\langle L+S \rangle$ 法による推定値はAR法によるそれよりもin vivoとの偏りがやや大きい。しかし、飼料価

値の評価を行う場合その程度の差は問題にならないであろう。これより牛糞の TDN と DE を推定する方法として $\langle L+S \rangle$ 法は AR 法に劣らず有効なものと考えられた。

AR 法と $\langle L+S \rangle$ 法を労力・時間の面から比較すれば、実験操作のみでは両方法にあまり大きい差はない。しかし、AR 法では第一胃内容物を採取する動物を一定の飼養条件下に保ち、また第一胃内細菌で試料を消化する際には培養管を嫌気状態に保つために細心の注意を必要としたが、 $\langle L+S \rangle$ 法ではこのような負担はなく、その分だけ労力的な負担は少ない。一方、時間的には AR 法と $\langle L+S \rangle$ 法ともに測定可能な試料数は 1 週間に 6 点で同じであった。

これらのことを総合して考えれば、 $\langle L+S \rangle$ 法が AR 法に比べてより簡易な牛糞の可消化エネルギー推定法であると考えられる。

第6節 細胞内有機物含量によって 牛糞の可消化エネルギーを 推定する方法の検討

1. 試験目的.

前節では牛糞の TDN と DE が酵素処理トリグニンならびにケイ酸の分析による推定法 (<L+S>法) によって人工反すう胃法 (AR 法) より簡易に推定されることを示した。しかし、<L+S>法においても可消化エネルギーを推定できる試料の数は1週間に6点ぐらいが精一杯である。そのため、より簡易にしかも数多くの試料の飼料価値を推定できる方法があれば便利である。

一方、前章で検討したように濃厚飼料を主体とした飼料を多給される牛の糞は粗飼料を主体とした飼料を維持要求量を満たす程度に給与される牛の糞に比べて、OC_C 含量が高く同時に OC_W の可消化成分含量も高い。このことから、牛糞においては OC_C 含量が高いほど OC_W の可消化成分含量も高いという特性があ

るのではないかと推察される。これが事実であれば、 OCC と $< OCC + Rb \cdot DOCW >$ との間には深い関係があり、さらに本章第4節で示したように DOM は次式により表わされるのであるから、 OCC の含量を測定するだけで DOM を簡易に推定できるように思われる。

$$DOM(\text{乾物}\%) = OCC(\text{乾物}\%) + Rb \cdot DOCW(\text{乾物}\%)$$

そこで、本節では OCC と $Rb \cdot DOCW$ との間の関係を調べたうえで、 OCC 含量から可消化エネルギーを推定することの可能性について検討を加えた。

2. 実験材料と方法

前節の実験1)に供した牛糞13点と固形部分1点の計14点の試料を供した。これらの OCW 含量と $Rb \cdot OCWD$ はこれまでにすでに求められこおり、前節に示したようである。

供試試料の有機物含量¹⁰⁾を求めて、それから OCW 含量を差し引いて OCC 含量とした。つきに OCW 含量に $Rb \cdot OCWD$ を乗じて $Rb \cdot DOCW$ を算出し、 OCC と $Rb \cdot DOCW$ との間の相関と回帰³¹⁾を

調べた。

3. 実験結果と考察

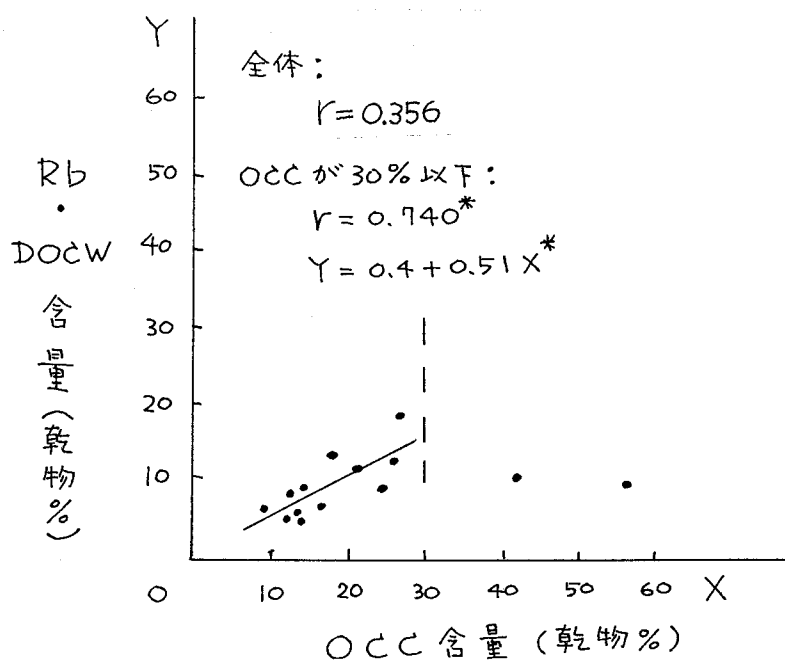
供試試料の OCC と Rb·DOCW の含量は表Ⅲ-17 に示すようである。この表の数値から OCC

表Ⅲ-17. 牛糞の有機物, OCC および Rb·DOCW の含量

(乾物%)

項目 牛糞の種類	有機物 OCC Rb·DOCW		
	有機物	OCC	Rb·DOCW
肉用種繁殖牛糞			
A	86.5	12.1	5.0
B	80.6	13.1	5.5
C	81.2	14.0	9.0
D	79.2	13.9	4.4
E	75.1	12.1	8.2
肥育牛糞			
a	87.6	42.0	10.0
b	86.6	26.6	18.5
c	84.8	21.7	11.4
d	87.2	25.7	12.3
e	92.7	56.2	9.6
f	83.7	24.7	9.0
g	83.4	16.3	6.6
乳用種泌乳牛糞	86.9	17.2	13.7
固形部分	80.9	8.9	6.8

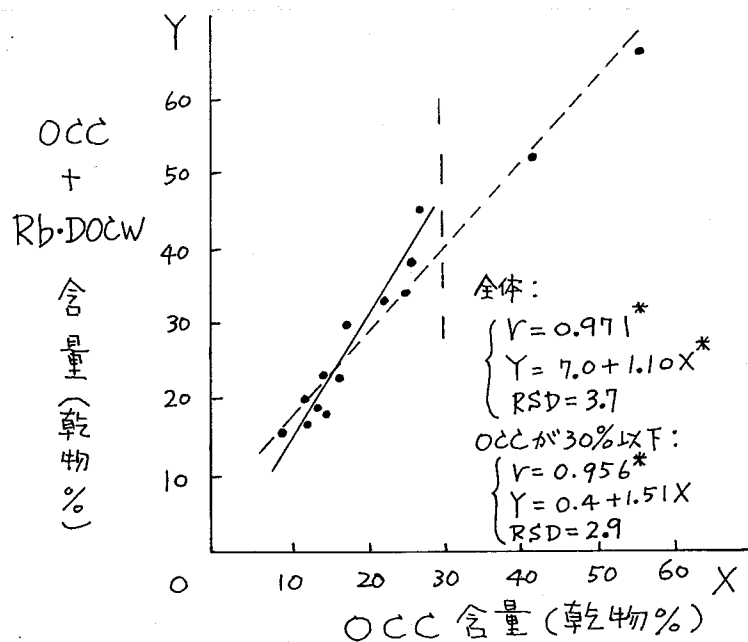
と Rb·DOCW との間との相関と回帰を調べた結果は図Ⅲ-6 のようである。供試試料 14 点から求



図Ⅲ-6. 牛糞のOCCとRb·DOCWとの間
の関係

*相関係数または回帰式が有意で
あることを示す(危険率5%)

められる相関係数は $r=0.356$ と低く、有意ではない。しかし、OCC 含量が乾物中30%以下の範囲に限ってみるとOCC 含量が高くなればRb·DOCW 含量も高くなる。そこで、OCC 含量が乾物中30%以下の試料12点を用いてOCCと $\langle \text{OCC} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW} \rangle$ との間の関係を調べると図Ⅲ-7に示すように両者の間に非常に高い正の相関係数と有意な直線回帰式がえられる。そこで、本章第4節で検討したように $\langle \text{OCC} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW} \rangle$ はDOMであるので、OCC 含量が乾物中



図Ⅲ-7. 牛糞のOCCと<OCC+Rb·DOCW>

との間の関係

—— OCCが30%以下の回帰式

----- 全体の回帰式

*相関係数または回帰式が有意で

あることを示す (危険率5%)

RSD: 回帰からの標準偏差

30%以下の牛糞についてはOCCからDOMを推定できるように思われた。このことを確かめるために、前章第2節でin vivoでのDOM含量が明らかにされ、また本章第4節でOCC含量の求められた牛糞と固形部分、4点のOCC含量を図Ⅲ-7の回帰式へ代入して<OCC+Rb·DOCW>を推定し、それをOCC法によるDOMの推定値(<OCC>·DOM)としてin vivo DOMと比較すると表Ⅲ-18のようになる。OCC含量から<OCC>·DOM

表Ⅲ-18. OCC含量より求められる $\langle \text{OCC} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW} \rangle$ 含量と in vivo DOM 含量の比較 (OCCが乾物中30%以下の範囲) (乾物%)

牛糞の種類	項目	OCC	$\langle \text{OCC} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW} \rangle$		in vivo DOM	差
			点推定値 ¹⁾	信頼区間 ²⁾		
肉用種繁殖牛糞		12.1	18.7	16.2 ~ 21.2	17.0	1.7
肥育牛糞		26.6	40.6	37.0 ~ 44.2	37.2	3.4
乳用種泌乳牛糞		17.2	26.4	24.5 ~ 28.3	33.5	-7.1
固形部分		8.9	13.8	10.5 ~ 17.1	11.8	2.0

$\langle \text{OCC} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW} \rangle$ と in vivo DOM の差の検定

差の平均値 (\bar{x}) -0.02

差の標準偏差 (s_d) 4.8

t値 ($\bar{x} \times \sqrt{n} / s_d$) -0.01³⁾

注) 1) $0.4 + 1.51 \times \text{OCC}$

2) 危険率5%

3) 得られたt値の絶対値は $t(3, 0.05) = 3.18$ より小さい

が推定される信頼区間の幅は3~7%と小さい。また, $\langle \text{OCC} \rangle \cdot \text{DOM}$ と in vivo DOM との間の差は統計的に有意ではない。これより, OCC含量が乾物中30%以下の牛糞についてはOCC含量を測定することによ, て次式からDOMを精度よくしかも偏りなく推定できるものと考えられる。

$$\text{DOM (乾物\%)} = 0.4 + 1.51 \times \text{OCC (乾物\%)}$$

つまり, $\langle \text{OCC} \rangle \cdot \text{DOM}$ を本章第2節でえられたDOMとTDNまたはDEとの間の関係式へ代入

して、それを in vivo での値と比較すると表Ⅲ-19 のようになる。OCC 法によつて推定される表Ⅲ-19. <OCC>・DOMより求められる TDN および DE と in vivo でのそれらとの比較 (OCC が乾物中 30% 以下の範囲)

牛糞の種類	TDN (乾物%)			DE (Mcal/乾物kg)		
	OCC法 ¹⁾	in vivo	差	OCC法 ²⁾	in vivo	差
肉用種繁殖牛糞	20.2	17.7	2.5	0.97	0.86	0.11
肥育牛糞 ^b	43.2	40.2	3.0	2.01	1.92	0.09
乳用種泌乳牛糞	28.3	37.9	-9.6	1.33	1.78	-0.45
固形部分	15.1	12.5	2.6	0.73	0.62	0.11

OCC法と in vivo 法の差の検定

	TDN	DE
差の平均値 (\bar{x})	-0.38	-0.04
差の標準偏差 (s_d)	6.2	0.28
t 値 ($\bar{x} \times \sqrt{n} / s_d$)	-0.12 ³⁾	-0.29 ³⁾

注) 1) $0.6 + 1.05 \times \langle \text{OCC} \rangle \cdot \text{DOM}$

2) $0.07 + 0.048 \times \langle \text{OCC} \rangle \cdot \text{DOM}$

3) 得られた t 値の絶対値は $t(3, 0.05) = 3.18$ よりも小さい。

TDN と DE は in vivo でのそれらの値と統計的に有意な差はない。したがって、OCC 含量が乾物中 30% 以下の牛糞についてはその TDN と DE は OCC 含量を測定するだけで次式により正確に推定できるものと考えられる。

$$\begin{aligned} \text{TDN (乾物\%)} &= 0.6 + 1.05 \times \langle \text{OCC} \rangle \cdot \text{DOM (乾物\%)} \\ &= 1.0 + 1.58 \times \text{OCC (乾物\%)} \end{aligned}$$

$$DE (\text{Mcal/乾物kg}) = 0.07 + 0.048 \times \langle \text{OCC} \rangle \cdot \text{DOM} (\text{乾物}\%)$$

$$= 0.09 + 0.072 \times \text{OCC} (\text{乾物}\%)$$

一方、OCC 含量が乾物中 30% 以上の範囲において、OCC と $Rb \cdot \text{DOCW}$ との間関係は本試験では明らかではない。しかし、本試験に供した OCC 含量が 30% 以上の牛糞 2 点をも加えて 14 点の試料の OCC と $\langle \text{OCC} + Rb \cdot \text{DOCW} \rangle$ の含量から両者の間関係を調べると図 III-7 の破線で示すように高い正の相関係数と有意な直線回帰式がえられる。この回帰式に前章第 2 節で *in vivo* DOM が明らかにされ、本章第 4 節で OCC 含量が求められた牛糞と固形部分の試料 5 点の OCC 含量を代入して $\langle \text{OCC} + Rb \cdot \text{DOCW} \rangle$ 含量を推定して、それらと *in vivo* DOM を比較すると表 III-20 のようになる。 $\langle \text{OCC} + Rb \cdot \text{DOCW} \rangle$ を OCC から推定する信頼区間の幅は 4 ~ 8% であり、OCC 含量を乾物中 30% 以下の範囲に限ったときに述べた検討での信頼区間の幅に比べてあまり大きくない。また $\langle \text{OCC} + Rb \cdot \text{DOCW} \rangle$ の推定値と *in vivo* DOM との間には有意な差はな

表Ⅲ-20. OCC含量より求められる $\langle \text{OCC} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW} \rangle$ 含量と in vivo DOM
含量の比較

牛糞の種類	項目	OCC	$\langle \text{OCC} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW} \rangle$		in vivo DOM	差
			点推定値 ¹⁾	信頼区間 ²⁾		
肉用種繁殖牛糞		12.1	20.3	17.6 ~ 23.0	17.0	3.3
肥育牛糞 a		42.0	53.2	49.1 ~ 57.3	49.7	3.5
肥育牛糞 b		26.6	36.3	34.0 ~ 38.6	37.2	-0.9
乳用種泌乳牛糞		17.2	25.9	23.6 ~ 28.2	33.5	-7.6
固形部分		8.9	16.8	13.7 ~ 19.9	11.8	5.0

$\langle \text{OCC} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW} \rangle$ と in vivo DOM の差の検定

差の平均値 (\bar{x})

0.66

差の標準偏差 (Δd)

5.1

t 値 ($\bar{x} \times \sqrt{n} \div \Delta d$)

0.29³⁾

注) 1) $7.0 + 1.10 \times \text{OCC}$

2) 危険率 5%

3) 得られた t 値は $t(4, 0.05) = 2.78$ よりも小さい

い。さらに、 \bar{x} で求められた $\langle \text{OCC} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW} \rangle$ を DOM の推定値とし、それを本章第2節でえられた DOM と TDN または DE との間関係式へ代入して TDN と DE を算出した値と in vivo でのそれらの値を比較すると表Ⅲ-21のようになる。TDN と DE とともに両者の値に差はない。これらのことから、OCC 含量が乾物中 30% 以上の牛糞についても OCC 含量を測定することによ、

表Ⅲ-21. <OCC>・DOMより求めたTDNおよびDEとin vivo
でのそれらの比較

牛糞の種類 項目	TDN (乾物%)			DE (Mcal/乾物kg)		
	OCC法 ¹⁾	in vivo	差	OCC法 ²⁾	in vivo	差
肉用種繁殖牛糞	21.9	17.7	4.2	1.04	0.86	0.18
肥育牛糞 a	56.5	51.2	5.3	2.62	2.40	0.22
肥育牛糞 b	38.7	40.2	-1.5	1.81	1.92	-0.11
乳用種泌乳牛糞	27.8	37.9	-10.1	1.31	1.78	-0.47
固形部分	18.2	12.5	5.7	0.88	0.62	0.26

OCC法とin vivoの差の検定

	TDN	DE
差の平均値 (\bar{x})	0.7	0.02
差の標準偏差 (Δx)	6.7	0.31
t値 ($\bar{x} \times \sqrt{5} / \Delta x$)	0.24 ³⁾	0.14 ³⁾

注) 1) $0.6 + 1.05 \times \text{<OCC>} \cdot \text{DOM}$

2) $0.07 + 0.048 \times \text{<OCC>} \cdot \text{DOM}$

3) 得られたt値は $t(4, 0.05) = 2.78$ よりも小さい。

でDOMを推定し、さらに可消化エネルギーを推定できる可能性が示唆される。しかしながら、本試験においてはおcc含量が30%以上の牛糞はわずか2点しか供していただいので、このことについてはさらに検討を加える必要があると考えられる。

第7節 要 約

牛糞の飼料価値は牛の給与飼料条件などによつて大きく変動する。そのため、牛糞を飼料として実用的に有効利用しようとする場合には牛糞ごとにはその飼料価値を把握する必要がある。そこで、牛糞の TDN と DE を実験室内で簡易に推定する方法について検討を行い以下のような知見を得た。

1. 牛糞の DOM と TDN あるいは DE との間の関係を調べて次式のような関係式を得た。

$$\text{TDN (乾物\%)} = 0.6 + 1.05 \times \text{DOM (乾物\%)}$$

$$\text{DE (Mcal/乾物kg)} = 0.07 + 0.048 \times \text{DOM (乾物\%)}$$

これより、牛糞の DOM を簡易に推定できる方法があれば TDN と DE を推定できるものと考えられた。

2. 人工反すう胃法 (AR法) を用いて DOM を推定する方法を検討し、AR法によつて求められる DOM (AR・DOM) が in vivo での DOM と差のない

いことが知られた。それで、TDN と DE は
AR・DOM を測定し、次式によつて正確に推定で
きると考えられた。

$$\text{TDN (乾物\%)} = 0.6 + 1.05 \times \text{AR} \cdot \text{DOM (乾物\%)}$$

$$\text{DE (Mcal/乾物kg)} = 0.07 + 0.048 \times \text{AR} \cdot \text{DOM (乾物\%)}$$

3. 牛糞を酵素法でまず細胞内容有機物 (OCC) と細胞膜構成有機物 (OCW) とに分画し、
第一胃内細菌による OCW の可消化成分含量 (Rb・DOCW) と OCC 含量との合計量 ($\text{OCC} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW}$) から DOM 含量を推定できることが知られた。

4. 第一胃内細菌による OCW の消化率を人
工反すう胃法によらず、リグニンとケイ酸を
分析して推定する方法について検討した。そ
の結果、リグニンとケイ酸含量の合計量 ($\text{L} + \text{S}$) の OCW 含量に対する割合は第一胃内細菌
による OCW 消化率と比較的高い負の相関関係
にあり ($r = -0.772$)、次式を用いて DOM, TDN
、DE 含量を推定できることを明らかにした。

$$\text{DOM (乾物\%)} = 0.00 + 36.5 \times \text{OCW} - 62 \times \langle L + S \rangle$$

$$\text{TDN (乾物\%)} = 0.6 + 1.05 \times \text{OCC} + 38.3 \times \text{OCW} - 65.1 \times \langle L + S \rangle$$

$$\text{DE (Mcal/乾物kg)} = 0.07 + 0.048 \times \text{OCC} + 1.75 \times \text{OCW} - 2.98 \times \langle L + S \rangle$$

ここで、OCC、OCW、および $\langle L + S \rangle$ は乾物中のそれぞれの含量(%)である。

5. 牛糞のTDNとDEをより簡易に推定する方法として、OCC含量からそれを推定する方法について検討を加えた。その結果、OCC含量が乾物中30%以下の牛糞については、そのDOM、TDN、DEはOCC含量を測定するだけで次式により推定できることを明らかにした。

$$\text{DOM (乾物\%)} = 0.4 + 1.51 \times \text{OCC (乾物\%)}$$

$$\text{TDN (乾物\%)} = 1.0 + 1.58 \times \text{OCC (乾物\%)}$$

$$\text{DE (Mcal/乾物kg)} = 0.09 + 0.072 \times \text{OCC (乾物\%)}$$

第4章

牛糞サイレージの調製と利用 に関する研究

第1節 緒言

これまでの試験において、牛糞は単なる不消化物ではなく、さらに利用可能な栄養成分を含んでいるものであり、飼料として利用価値のあるものであることを明らかにした。ただ牛糞がいかに栄養成分を含んでいるようとも動物がこれを採食しなければ飼料としての価値はない。しかし、排泄したままの糞は一般に家畜の嗜好性が悪く、飼料に少量配合しただけでも動物はほとんど摂取しない。家畜糞を給与する場合には、乾燥または発酵など何らかの処理を加えて嗜好性を高める必要がある。

そこで、本節では牛糞をサイレージにして家畜に対する嗜好性を高める方法について検討した。さらに、得られた牛糞サイレージを飼料に配合して牛を実際に肥育した場合の影

響^Pについても検討した。

第2節 牛糞の発酵に及ぼす添加物の影響

1. 試験目的

牛糞を飼料として家畜に給与する際に加えられる処理としては乾燥と発酵処理とがある。乾燥には天日乾燥と熱を加えて乾燥する方法があるが、天日乾燥は天候の影響を受け、また乾燥のための時間を多く要し、そのため糞中の養分損失が多い。一方、熱乾燥には化石エネルギーを多く要するという欠点がある。わが国は高温多湿な気候条件下にあるので、天日または熱乾燥のいずれの方法を採用しようとも乾燥処理には適していないように思われる。それに対して、牛糞を用いてサイレージをつくり、これを牛に給与する方法がわが国の気候条件に適しているように思われる。

牛糞を用いてサイレージを調製する場合、同時に詰め込む添加飼料を撰択する必要がある。Anthony⁴⁶⁾等は牛糞サイレージを牧草と混合して作る方法を検討しているし、またわが国

においても、白河種畜牧場で鶏糞を牧草とともにサイレージにする方法を検討している⁴⁷⁾。

しかし、牛糞の集積が比較的集約的な畜産経営において発生するという条件を考えると、牧草よりも濃厚飼料と混合することによって牛糞サイレージをつくるのがより実用的であると考えられる。

本節では、牛糞サイレージの発酵的品質が添加物の種類によってどのような影響を受け、また経時的にどのように変化するかを知るための実験を試みた。

2. 実験材料と方法

試験に用いた糞尿は滋賀県大中の湖農協のス1コ床牛舎のロット内排泄物を固液分離して得た固形部分であった。これは固形部分は比較的均質なものを多量に得やすいことと、これまでの試験から飼料価値は低いが、基本的に牛糞に似た性質を有すると考えたからである。

試験1) . 表IV-1に示すように牛糞と種々の

表IV-1. 種々の添加物を用いて調製した
牛糞サイレージのpHの経時の変化

日 試馬食区		5日目	15日目	25日目
無添加		8.12	7.63	7.36
グルコース	0.5%	7.81	7.58	7.36
	1.0%	7.68	7.26	7.38
	3.0%	5.87	5.84	5.72
	6.0%	4.91	4.99	5.08
	9.0%	4.89	4.47	4.43
コーンスターチ	0.5%	7.91	7.42	7.28
	1.0%	7.63	7.31	7.22
	3.0%	5.95	6.10	5.73
	6.0%	5.94	5.51	5.36
	9.0%	5.80	5.38	5.02
糖蜜	5.0%	7.31	7.30	7.10
	10.0%	6.99	7.15	7.05
アルコール廃液	5.0%	7.38	7.29	7.42
	10.0%	6.97	7.06	7.15
普通ふすま	50.0%	4.29	4.03	4.20

添加物とをそれぞれの混合割合で、6群16区に分けてサイロ詰めを行った。ここに、易利用性炭水化物(RAC)含量の高い添加物を用いたのは第2章で検討したように、牛糞は一般にRACが少なく、発酵を促進させるためにはこの成分の添加が必要であると考えたからである。

牛糞は添加物と混合して 500 ml 容量ガラス製サンポルビンにできるだけ空気を排除するように詰め込んだ。なお、途中経時的な変化をみるためには各正 3 個ずつ作成して、しっかりとふたをして、20℃の恒温室に開封日まで放置した。なお、試験 1) では各試験正の水分含量を約 50% 程度にするため、普通小すま 50% 正以外は水分含量が高かったのを乾燥牛糞を用いて調整し、逆に普通小すま 50% 正では水分含量が低かったのを純水を加えて調整した。

詰め込み後 5, 15, 25 日目には各正とも 1 個ずつ開封し、サンポルビンから内容物を取り出し、その約 10 g をアルミ皿に盛り 100℃で 24 時間乾燥して水分含量を求めた。また、サイレージの発酵的品質を調べるために大山の⁴⁸⁾方法を若干修正してサイレージの抽出液を作成した。すなわち、サイレージ 30 g を 200 ml 容量ポリエチレン製サンポルビンに秤取し、葉、溜水 140 ml を加え、よくかき混ぜて 4℃で 24 時間放置した。その後、二重ガーゼでろ過し

その上澄みを抽出液とした。抽出液はその pH をガラス電極 pH マーターで測定したのち、分析に供するまで -20°C で凍結保存した。抽出液中の有機酸（揮発性脂肪酸（VFA）と乳酸）はガスクロマトグラフ⁴⁹⁾によつて、またアンモニア態窒素（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）は減圧蒸溜法⁵⁰⁾によつて測定した。さらに牛糞サイレージの衛生面を検討するため、サイレージ中の大腸菌数の測定を行った。まず、試料 1 g につき 10^2 倍、 10^3 倍、 10^4 倍になるように蒸溜水を加え希釈液を作成した。つぎに前もつてシャーレ内を用意したデゾキシコート培地（商品名）に各々の希釈液を 0.1 ml のホルピペットで吹き入れ、鍍型に細工したガラス棒で満遍なく引きのばして 37°C に保たれた培養器に 24 時間静置したのち取り出して、シャーレ内の赤色斑点の数をかぞえて、各々の希釈倍率をかけたものを 1 g 当たり的大腸菌数とした。

試験 2)：試験 1) の結果から普通小すまの添

加が有効であることが明らかとなったので、
ふすまのなかでも RAC 含量の比較的多い特殊
ふすまを添加物として用いて、牛糞サイレー
ジの調製を試みた。牛糞に対して特殊ふすま
を 20, 30 および 40 % の 3 正とエラに普通ふす
ま 50 % を配合する正を設定し、試験 1) と同様
にサンフォルビンにサイロ詰めした。それぞれ
の正のサンフォルビンは詰め込み後、2, 3,
4, 5, 15, 25 日目に開封し、サイレージの
発酵的品質を経時的に調べた。その方法は試
験 1) と同様であった。

3. 結 果

試験 1) : 種々の添加物を用いて調製した牛
糞サイレージの pH の経時的変化を示すと表 IV-
1 のようである。原料牛糞のみを詰め込んだ
ときには詰め込み後の pH は 8.12 であり、詰め込
み前のそれの 8.18 とほとんど差はない。その
後 25 日目まで pH は若干低下するが、その変化
は小さく、色、臭いとも原料牛糞と変わらぬ
ものであった。これに対し、各種の添加物を

加えた場合は、グルコースおよびコーンスター
ーキはいずれも3%以上、および普通ふすま
50%以上を加えて調製したものはpHが5日目
ですでに6以下まで低下しており、その後25
日目まであまり変化しなかった。

供試サイレージのうち、詰め込み後5日目で
pHが6以下になったものの発酵的品质を示す
と表IV-2.のようである。無添加区では乳酸は

表IV-2. 種々の添加物を用いて調製した牛糞サイレージ
の発酵的品质の比較¹⁾

項目 試験区	水分	pH	有機酸(乾物%) ²⁾							NH ₃ -N (乾物%)
			乳酸	C ₂	C ₃	C ₄	その他	計		
無, 添加	64.1	7.36	0.0	3.8	1.3	0.6	0.3	6.0	0.74	
グルコース 3.0%	53.6	5.72	5.1	1.9	0.5	0.2	0.1	7.9	0.80	
6.0%	51.4	5.08	7.5	2.0	0.2	0.1	0.1	10.0	0.58	
9.0%	49.4	4.43	11.5	1.1	0.2	0.1	0.1	13.1	0.54	
コーンスターチ 3.0%	51.3	5.73	1.7	2.0	0.6	0.8	0.1	5.2	0.55	
6.0%	49.6	5.36	5.9	2.1	0.5	0.5	0.1	9.0	0.55	
9.0%	49.0	5.02	7.6	1.9	0.5	0.4	0.1	10.4	0.55	
普通ふすま 50%	53.0	4.20	9.4	1.6	0.2	0.1	0.0	11.2	0.43	

注) 1) 詰め込み後25日目の結果

2) C₂: 酢酸, C₃: プロピオン酸, C₄: 酪酸

含まれず、逆に酪酸とNH₃-Nの含量が他の区に
比べて高い傾向にある。それに対し、添加物

を添加した区はいずれも乳酸の産生がみられ、
 とくにグルコース 9% 区とふすま 50% 区では
 NH₃-N 含量が低かった。

詰め込み後の pH の低下が少なかった試験区
 とそれが最も大きかった試験区の大腸菌の数
 の変化をみたのが表 IV-3 である。詰め込み前
 表 IV-3. pH の異なる牛糞サイレージの大腸菌数の経時的変化 (個/g)

	無添加		グルコース 1.0%		コーンステータ 1.0%		普通ふすま 50%	
	pH	大腸菌数	pH	大腸菌数	pH	大腸菌数	pH	大腸菌数
5日目	8.12	10000	7.68	20000	7.63	10000	4.29	検出されず
15日目	7.63	2000	7.26	10000	7.31	10000	4.03	検出されず
25日目	7.36	1000	7.38	8000	7.22	10000	4.20	検出されず

の牛糞の大腸菌数は 30 万個であつたが、無添
 加区では詰め込み後 25 日目まで 1000 個に低下し
 た。しかし、詰め込み後の pH の低下が小さかつ
 たグルコース 1% とコーンステータ 1% 区で
 は詰め込み後 25 日目の大腸菌数はそれぞれ 8000
 と 10000 個で、それらは無添加区よりも多かつ
 た。しかしながら、pH が 4.2 付近に低下した
 普通ふすま 50% 区では大腸菌は検出されなかつ
 った。

試験 2) : 牛糞サイレージの水分含量を表 IV-4 に示す。各試験区ともには詰め後 25 日目ま

表 IV-4. 牛糞サイレージの水分含量 (%)

試験区	水分含量 ¹⁾
普通ふすま 50%	51.6±1.2
特殊ふすま 20%	64.3±0.0
30%	59.8±0.0
40%	54.7±0.0

注) 1) は詰め後 2, 3, 4, 5, 15 および 25 日目の平均値 ± 標準偏差

での変化はほとんどなかった。また、試験 2) では試験 1) とは異なり水分含量の調整を行わなかったのど、牛糞の占める割合の多いサイレージほど水分含量は高かった。

各試験区の pH の経時的変化は図 IV-1 に示すようであった。特殊ふすま添加区ではいずれの区も普通ふすまに比べて pH の低下は速かった。とくに特殊ふすま 30% と 40% で pH の低下は速く、3 日目ですでに 4.2 以下になった。

各試験区の乳酸含量の経時の変化を図 IV-2 に示す。詰め後 5 日目までの変化をみると

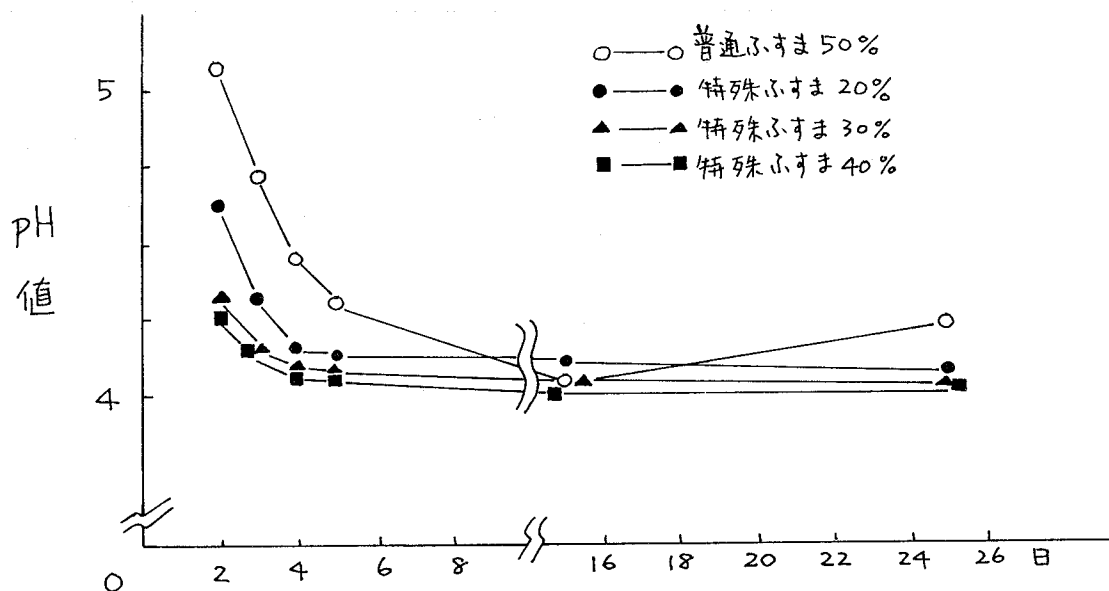


図 IV-1 . 普通ふすまあるいは特殊ふすまを添加して調製した牛糞サイレージの pH 値の経時的変化

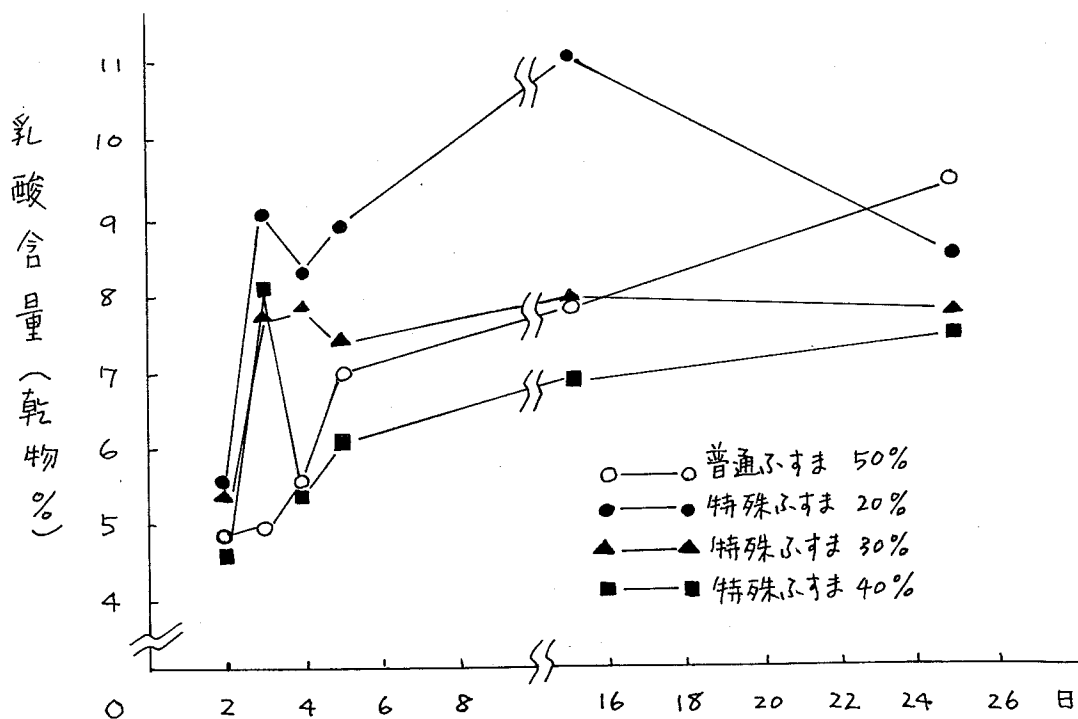


図 IV-2 . 普通ふすまあるいは特殊ふすまを添加して調製した牛糞サイレージの乳酸含量の経時的変化

特殊ふすま添加正のうち、20%と30%正の乳酸含量が普通ふすま正に比べて高かった。し

かし、特殊ふすま 40% 添加区では 3 日目を除いて普通ふすま区より低かった。5 日目以降の変化をみると、特殊ふすまの 20% と 30% 区では乳酸含量はあまり増加しないようである。それに対して、特殊ふすま 40% と普通ふすま 50% 区では乳酸含量が徐々に増加し、25 日目には普通ふすま区が特殊ふすま添加区に比べて高く、また特殊ふすま 40% 区と 30% 区とは近い値を示すようになった。

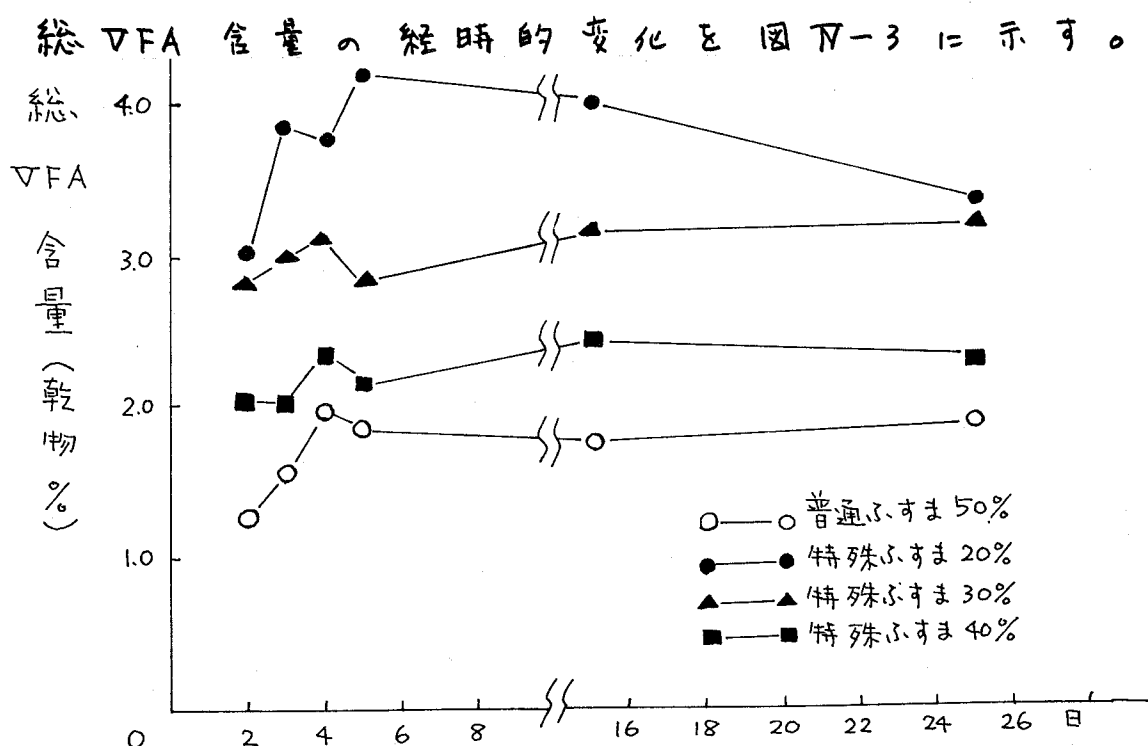


図 IV-3. 普通ふすまあるいは特殊ふすまを添加して調製した牛糞サイレージの総揮発性脂肪酸(VFA)含量の経時の変化

詰め込み後 25 日目までを通じて，特殊ふすま添加区で普通ふすま添加区よりも高く，とくに特殊ふすま 20% と 30% 区が普通ふすま区に比べて高かった。

酪酸含量を図 IV-4 に示す。特殊ふすま 40%

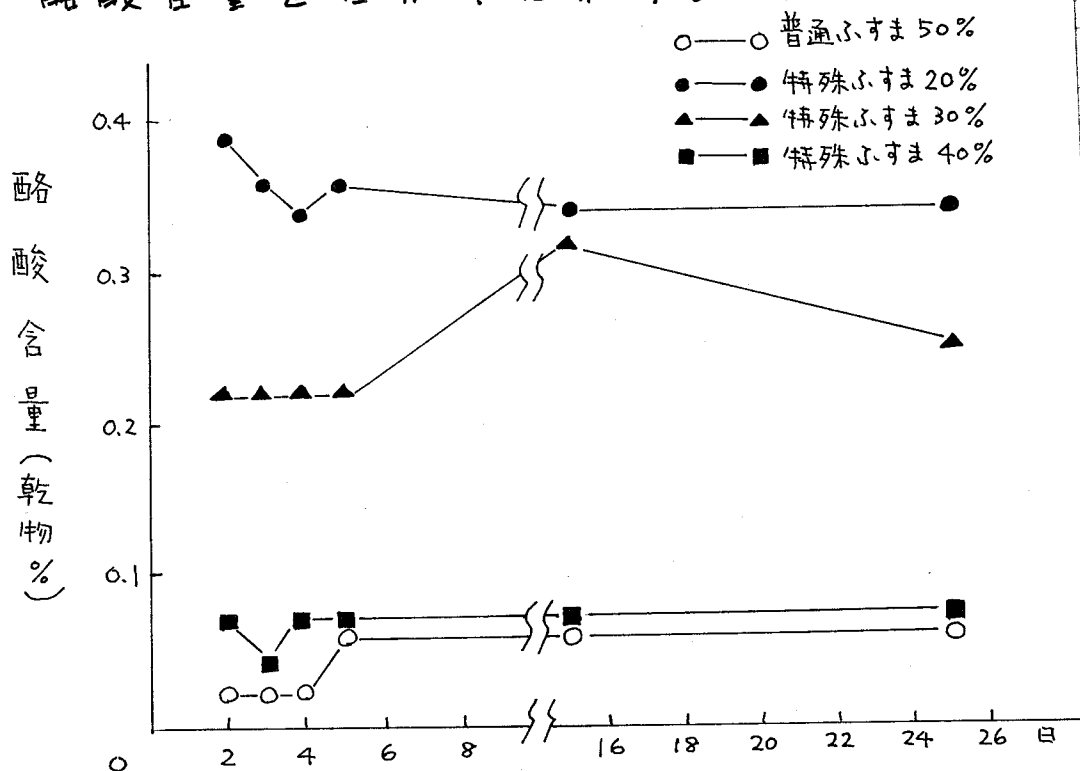


図 IV-4. 普通ふすままたは特殊ふすまを添加して調製した牛糞サイレージの酪酸含量の経時的変化

区と普通ふすま区との含量は著しく低く，乾物中 0.1 % 以下であった。それと比べて特殊ふすま 20% と 30% 区では高く，とくに 20% 区では酪酸含量が乾物中 0.3 % 以上の値を示した。

$\text{NH}_3\text{-N}$ 含量の変化を図 IV-5 に示す。詰め込

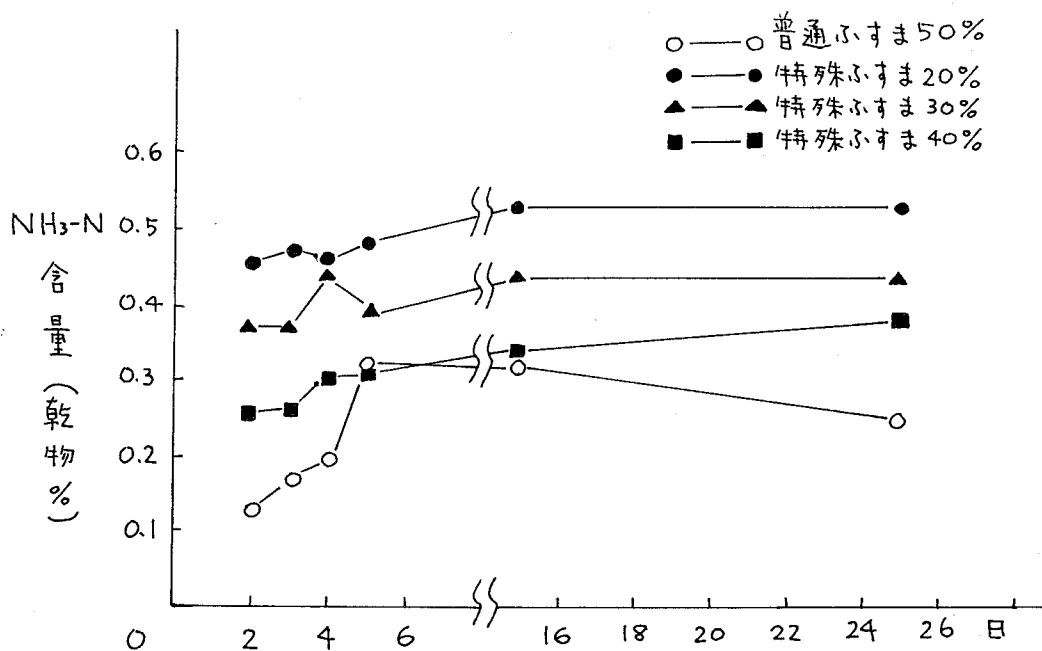


図 IV-5. 普通ふすままたは特殊ふすまを添加して調製した牛糞サイレージの $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量の経時的变化

み後 2 日目から 25 日目までを通じて特殊ふすま添加区で普通ふすま区に比べて高かった。しかし、特殊ふすま添加区では 2 日目から 25 日目まで含量の増加はあまりみられないうが、普通ふすま添加区では 2 日目から 5 日目にかけて含量が急激に増加した。

4. 考 察

pH はサイレージ発酵の良否を示す一つの指標であり、牧草サイレージにおいては pH が 4.2 以下であれば良好な乳酸発酵が進んだものとされている⁵¹⁾。また、牛糞には病原菌が含まれ

る場合があるが、²⁾表 IV-3 に示すように pH が 4 近くまで低下した牛糞サイレージには大腸菌は存在しない。この結果は牛糞サイレージの pH が 4.4 から 4.7 のときに大腸菌は死滅するとする報告⁵²⁾と軌を一にしており、牛糞では pH は発酵的品質の面からだけでなく、衛生面からも重要な指標であると考えられる。それで、本試験では pH に着目しながら牛糞サイレージに用いる添加物としてどのようなものがあるのかを検討した。

試験 1) では普通ふすま 50% 区の pH が詰め込み後 5 日目まで 4.3 にまで低下した。しかし、表 IV-2 をみるとグルコース 3, 6 および 9% 区、コーンスターチの 6 と 9% 区でも相当量の乳酸が産生されている。しかし、これらの区は pH は普通ふすま 50% 区ほどには低下しなかった。ここでグルコースまたはコーンスターチ添加区の牛糞の占める割合は 91 ~ 97% であり、それは普通ふすま区の 50% に比べて著しく高い。牛糞には第 2 章で示したようにたん

白質やミネラルが多く含まれるが、それらはサイレージで発生される有機酸に対し緩衝能を有し、^{51), 53)} pHの低下を妨げるようである。グルコースまたはコーンスターチ添加正で乳酸が比較的多く発生したにもかかわらず pHが十分に低下しなかったのは、それらのサイレージの牛糞含量が高く、そのため普通ふすま正に比べて高い緩衝能が生じたためであろうと推察される。

試験2) では特殊ふすまの20%と30%正の pHの低下が普通ふすま50%正よりも速かった。そこで図IV-2の乳酸含量を比較してみると、詰込み5日目までの乳酸含量は特殊ふすま20%と30%正で普通ふすま正よりも高い。一般に高水分サイレージにおいては乳酸の発生量が低水分サイレージに比べて高いと言われている。⁵³⁾ 表IV-4に示すように水分含量は特殊ふすま20%と30%正で普通ふすま正よりも高い。これらのことから、特殊ふすまの20%正と30%正は普通ふすま50%正に比べて牛糞の

含有割合が高いために緩衝能は高いが、水分含量が高いために乳酸が多く產生され、それが緩衝能を上回って pH の低下が速やかであつたものと考えられる。したがって、特殊ふすま 20% と 30% 区での pH の低下が速やかであつたのは必ずしも特殊ふすまを用いたからではなく、添加物の割合を少なくした結果、水分含量が増加したためであるとも考えられる。

ところが、特殊ふすま 40% 区は普通ふすま 50% 区に比べて乳酸含量が高いとは言えないようである。しかし、特殊ふすま 40% 区では普通ふすま 50% 区に比べて速やかに pH は低下した。普通ふすまや特殊ふすまの粗たん白質含量は乾物中 18% 前後であり、それは前章で示した牛糞の粗たん白質含量よりも高い。また、普通ふすまの粗たん白質含量は特殊ふすまのそれよりも高い¹²⁾。したがって、普通ふすま 50% 区の粗たん白質含量が特殊ふすま 40% 区のものよりも高いことが予想される。サイレージの緩衝能がたん白質と有機酸で形成さ

れるのであれば、特殊ふすま40%正と普通ふ
すま50%正のpHの低下の差は両者の粗たん白
質含量の差によるのかもしれない。しかし、
このことについては本試験の結果からは明ら
かではなかった。

第3節 牛糞サイレージの大量調製法と

その飼料価値の検討

1. 試験目的

前節では特殊ふすまを添加物として用いれば比較的多くの牛糞を含み、しかも品質のよい牛糞サイレージを調製できることを示した。

しかし、牛糞サイレージを実用的に動物に給与しようとするれば、それを大量に調製する必要がある。これを行うには必ず牛糞と添加物を大量に混合しなくてはならないが、人手のみによつて行うことにすると労力がかかりかかるのみならず、牛糞と添加物の混合が十分に行われない恐れがある。さらに混合物を嫌氣的に発酵させるためにはサイロなどの特殊な設備を要し、これには経費がかかる。

そこで、本節では牛糞と添加物の混合を行うのに一部機械を導入し、またサイロなどの設備を用いずに混合物をポリエチレン製の袋に入れて発酵させる方法によつて牛糞サイレージを実用的に大量に調製する方法について

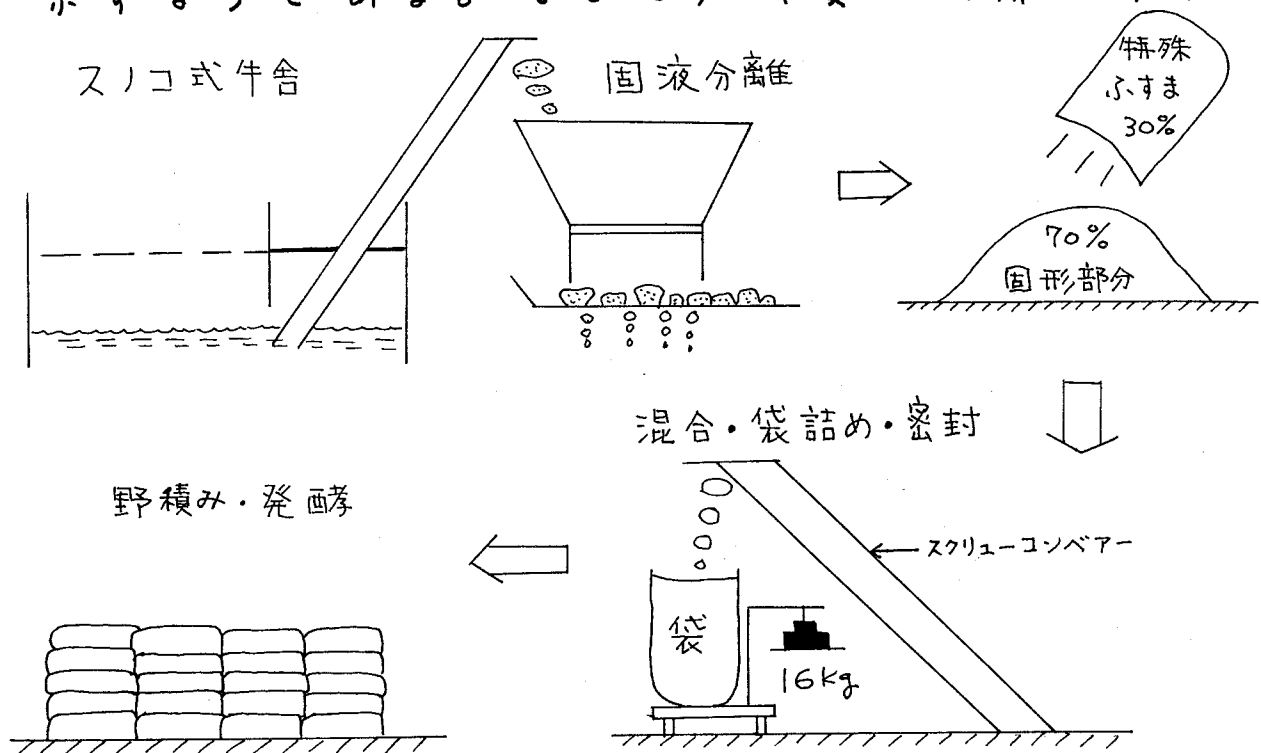
検討を加えた。

2. 実験材料と方法.

1). 牛糞サイレージの調製法.

牛糞サイレージの調製は滋賀県大中の湖農場のスノコ床式肥育牛舎で行った。

スノコ床式牛舎のロット内から糞尿混合物をくみ上げ、それを多板式固液分離機によって固液分離し、その固形部分を供試牛糞とした。それに特殊ふすまを30%配合して牛糞サイレージを調製したが、その方法は図IV-6に示すようである。ここで、牛糞と特殊ふすま



図IV-6. 実用規模での牛糞サイレージの調製法

の混合はあらかじめ人手で軽く混合したものをスクリーンバナーにかけて十分に混合が行われるようにした。また、混合物はポリエチレン製の袋に詰め、できるだけ空気を押し出して封をし、野積みして発酵させた。

牛糞サイレージの調製を4月、8月および10月に各1回、5月には2回行い、それぞれの代表サンプル5点を得た。これらのpHと有機酸（乳酸、揮発性脂肪酸）、 $\text{NH}_3\text{-N}$ の含量を前節で示した方法により測定し、発酵的品質を調べ、また一般成分組成を常法¹⁰⁾により求め、これらの測定値がサイレージの調製時期によって変動しないかどうかを調べた。

2) 牛糞サイレージの一般成分と消化率

実用規模で調製した牛糞サイレージをめん羊による消化試験に供してその飼料価値を調べた。消化試験は5月に調製した牛糞サイレージを京都大学農学部附属農場に搬入して行った。供試動物は去勢めん羊6頭（平均体重36.6 kg）であった。動物はまず群飼し、オ-

チャードグラス・フモシー混播牧乾草とばん
研大麦からなる飼料を給与し、その飼料を次
第に牛糞サイレージに置きかえて遂には牛糞
サイレージのみを食べさせた。その後、めん
羊を代謝箱に入れ、乾物量にして動物の体重
の約2%量に相当する牛糞サイレージを朝夕
に等分給与し、水とミネラルブロックを自由
摂取させた。このような飼養条件下で7日間、
予備飼育ののち、7日間全糞採取法¹¹⁾により糞
を採取し合わせて尿も採取した。牛糞サイレ
ージと採取めん羊糞の一般成分組成を常法¹⁰⁾に
より求め、DCPとTDNの含量を求めた。また
尿中窒素含量をケルダール法¹⁰⁾によって測定し、
窒素出納を調べた。

3. 結 果

実用規模で大量に調製した牛糞サイレージ
の発酵的品質と一般成分組成をそれぞれ、表
IV-5と表IV-6に示す。牛糞サイレージの発酵
的品質は調製時期により大きく変動せず、し
かも平均値で見るとpHは4.10であり、乳酸含

表IV-5. 実用規模で調製した牛糞サイレージの発酵的品質

項目 調製日	水分	PH	有機酸 ¹⁾ (乾物%)						全窒素 (乾物%) (a)	NH ₃ -N (乾物%) (b)	(b) (a) × 100
			乳酸	C ₂	C ₃	C ₄	その他	計			
第1回 (4月29日)	63.7	4.10	9.1	2.2	0.6	0.8	0.1	12.8	3.16	0.57	18.0
第2回 (5月14日)	63.1	4.12	8.2	2.1	0.6	0.9	0.0	11.8	3.06	0.55	18.0
第3回 (5月23日)	63.6	4.17	9.0	2.3	0.9	0.6	0.2	13.0	3.08	0.54	17.5
第4回 (8月31日)	63.2	4.11	8.9	2.7	0.4	0.2	0.1	12.3	3.16	0.45	14.2
第5回 (10月18日)	53.8	4.00	6.8	1.4	0.4	0.1	0.1	8.8	2.86	0.31	10.8
平均値	61.5	4.10	8.4	2.1	0.6	0.5	0.1	11.7	3.06	0.48	15.7
標準偏差	4.3	0.06	1.0	0.5	0.2	0.4	0.1	1.7	0.12	0.11	3.2

注) 1) C₂: 酢酸, C₃: プロピオン酸, C₄: 酪酸

表IV-6. 実用規模で調製した牛糞サイレージの一般成分組成
(乾物%)

成分 調製日	粗たん白質	粗脂肪	NFE	粗繊維	粗灰分
第1回(4月29日)	19.7	4.9	49.7	16.6	9.0
第2回(5月14日)	19.1	4.4	52.5	15.6	8.4
第3回(5月23日)	19.2	4.9	52.9	14.4	8.6
第4回(8月31日)	19.7	3.6	49.0	20.1	7.5
第5回(10月18日)	17.9	2.5	54.6	17.6	7.4
平均値	19.1	4.1	51.7	16.9	8.2
標準偏差	0.7	1.0	2.3	2.2	0.7

量は乾物中 8.4% と高く，全窒素含量に対する $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量が 16% とやや高いものの良質なサイレージが得られた。また，一般成分組成にも調製時期によって大きな変動はみられなかった。

牛糞サイレージのめん羊による消化率と可消化成分は表 IV-7 に示すようであり，また窒素出納は表 IV-8 のようであった。

表 IV-7. 牛糞サイレージの消化率と可消化成分

成 分	含 量 (乾物%)	消化率 (%)	可消化成分 (乾物%)
乾 物	36.4	60.3 \pm 2.8 ¹⁾	21.9
粗たん白質	19.2	68.8 \pm 3.0	13.2
粗脂 肪	4.9	78.4 \pm 4.4	3.8
N F E	52.9	67.4 \pm 3.5	35.6
粗 繊 維	14.4	30.2 \pm 5.3	4.3

TDN 含量 (乾物%) 61.6

注) 1) 平均値 \pm 標準偏差 (めん羊の個体差, $n=6$)

なお，牧乾草とばん研大麦からなる飼料を用いて，めん羊を牛糞サイレージのみの給与に慣れさせた場合の採食状況は図 IV-7 のようである。めん羊を牛糞サイレージのみの飼養

表 IV-8. 牛糞サイレージ中窒素の利用性

(1日あたり)

項 目	1) 平均値±標準偏差
摂取量 (g)	19.9±3.6
糞中排出量 (g)	6.2±1.3
吸収量 (g)	13.7±2.5
尿中排出量 (g)	12.0±2.0
体内蓄積量 (g)	1.6±0.7
吸収量に対する蓄積量の割合 (%)	11.6±3.4

注) 1) めん羊の個体差 (n=6)

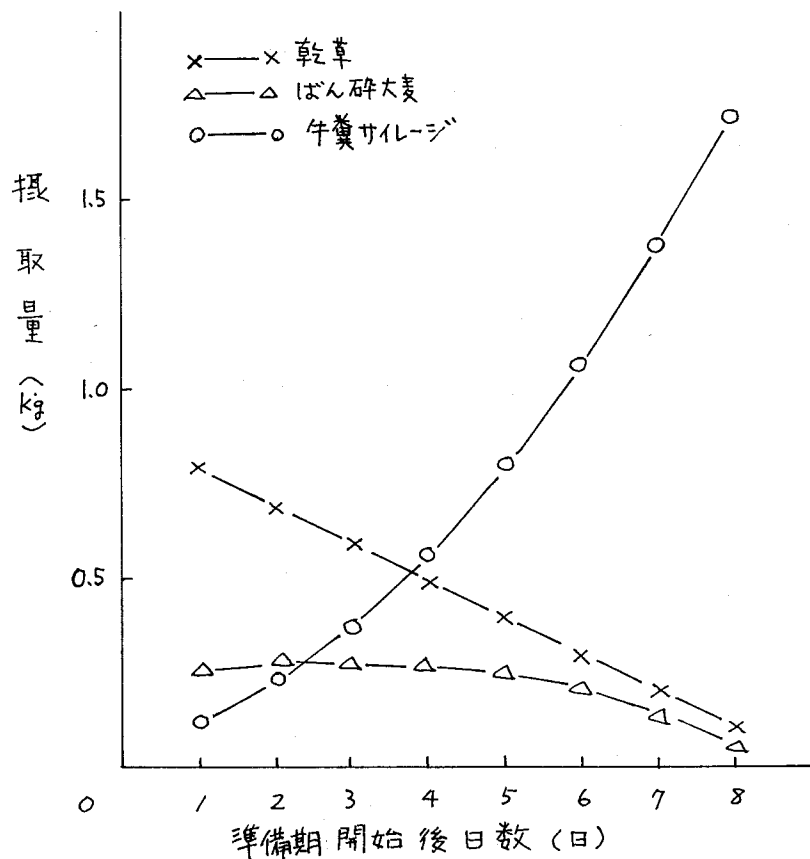


図 IV-7. 準備期 (群飼・8日間) の
1頭あたりの飼料摂取量の推移

に慣れさせるのに要した時間は約1週間であ
った。

4. 考 察

添加物を用いてサイレージを調製しようとする場合、材料の混合が十分に行われないとすぐれた発酵的品質をもつサイレージを調製できない。しかも牛糞サイレージのように添加物を比較的多く加えて調製するときには材料の混合が十分でないとき養価も変動する。発酵的品質の悪いサイレージを動物に給与すれば飼料摂取量が低下するし、また養価の変動が大きい飼料を動物に給与していても動物に一定の栄養分を供給することができず生産性が低下する。それで、牛糞サイレージを用いて動物を飼育する場合、牛糞と添加物を均一に混合することはとくに重要なことである。しかし、牛糞は水分含量が高くしかも粘度が高いのでそれ自体混合しにくいものである。また濃厚飼料のような粉末状のものと牛糞を混合しようとするとき、牛糞が固まりとなるのでショベルなどを用いて人手で均一に混合することはかなりむずかしい。そこで、本

試験ではとくに牛糞と特殊ふすまとを均一に混合することに留意して図IV-6に示すようにスクルーコンベアーで材料を十分に混合できるようにして牛糞サイレージを調製した。時期を変えて調製された牛糞サイレージの発酵的品質と一般成分組成はそれぞれ表IV-5と表IV-6の結果が示すようにほぼ一定であり、図IV-6の工程によつて牛糞と特殊ふすまの混合を十分に行うことができると考えられる。

また、本試験では牛糞と添加物の混合物はサイロに詰めずにポリエチレン製の袋に入れて野積みした。このような方法ではサイロなどの特別な設備を必要としないが、嫌気状態が十分に保たれないために発酵が十分に行われぬ恐れもある。しかし、表IV-5の結果が示すように、この方法によつてもすぐれた発酵的品質をもつ牛糞サイレージを調製できるものと考えられる。

つぎに、牛糞サイレージを実用的に調製しようとする場合、どれほどの量を調製できる

のかが問題となる。図 IV-6 の工程を用いると流れ作業を行うことができると、牛糞と特殊ふすまを混合して野積みできる量は 5 ~ 6 人で 1 日あたり 100 袋分（1 袋には原物重量にして 16 kg の混合物を詰め込んだ）の量が可能であらう。

なお、本試験で調製した牛糞サイレージは牛糞が 70 % 含まれており、牛糞を含む割合の多い飼料であらうが、一定の馴致期間ののちめん羊はそれのみをしかも 14 日間と比較的長い期間採食し続けた。Harpster⁵⁴⁾等は牛糞と牧乾草をそれぞれ重量比で 60 % と 40 % の割合で混合して調製した牛糞サイレージをめん羊が採食すると報告している。これらのことから、牛糞サイレージに多くの牛糞が含まれていても、一定期間馴致してやれば動物はそれを採食するようになると考えられる。

第4節 牛糞サイレージを肥育牛に

給与した場合の影響

1. 試験目的

本節では、前節で調製した牛糞サイレージを実際に肥育牛に給与した場合の影響について検討した。

2. 実験材料と方法

滋賀県大中の湖農協にけい養中の乳用種去勢牛19頭（平均体重約440 kg）を用い、これらと対照区9頭と試験区10頭の2群に分け、168日間の肥育試験を行った。試験期間中に各区の牛に給与した飼料の配合内容、一般成分組成と可消化粗たん白質（DCP）と可消化養分総量（TDN）含量は表IV-9に示すようであった。本試験に用いた牛糞サイレージは前節で示した実用規模での調製法によつて作成したもので、牛糞に特殊ふすまを30%添加したものであった。なお、試験区の飼料は圧パンとうもろこしと牛糞サイレージから構成されているが、乾物あたりにすると牛糞サイレージ

の配合割合は47.5%である。また、牛糞サイ
レージ中に特殊ふすまが30%添加されている
ので飼料中の牛糞（固形部分）の占める割合
は乾物あたり15.6%であった。

表IV-9. 給与飼料の配合内容と飼料成分組成

項 目	正	対照区	試験区
飼料配合内容(重量割合,%)			
肉牛用配合飼料		50	—
圧パンとうもろこし		50	33.3
牛糞サイレージ		—	66.7
飼料成分組成(%)			
乾 物		86.7	54.1
粗たん白質		10.8(12.4) ¹⁾	7.4(13.6)
粗 脂 肪		3.2(3.7)	1.9(3.5)
N F E		66.2(76.4)	37.3(69.0)
粗 繊 維		3.1(3.6)	5.1(9.4)
粗 灰 分		3.3(3.8)	2.5(4.6)
D C P		8.8(10.1)	5.5(10.2) ²⁾
T D N		77.1(88.9)	42.1(77.8) ²⁾

注). 1) ()内は乾物あたりの含量

2) 牛糞サイレージのDCPとTDNは前節の結果を用いて求めた。

各区とも群飼し、表IV-9に示す飼料、ミネ
ラルブロックおよび水を自由摂取させた。ま
た、別に両区とも椎わらを1日1頭あたり1.4

kg 給与し、さらにミネラル混合剤（ハイコロイカル）を与えた。

試験期間中 2 週間ごとに飼料摂取量と体重を測定し、1 日あたりの増体量と 1 kg 増体に必要な飼料の量を求めた。

168 日間飼育したのうち、対照区と試験区の牛をすべて殺解体し、所定の臓器検査を行ったのうち、枝肉重量を測定し枝肉規格を決定した。皮下脂肪の厚さはき甲部（5～6 間）、腰および胸の部位で測定した。ロース芯面積は 5～6 間で測定した。

肉の味覚についてのパネルテストは縦隔膜筋の部分を 2 cm の厚さに切り、重量の 1.5% の食塩をふりかけて 300 °C のガスオーブン内で 20 分間焼いたものを用いて成人男子 20 名、成人女子 22 名による 2 点嗜好⁵⁵⁾法によって、外観、香り、やわらかさ、多汁性および総合的なおいしさについて実施した。その結果は 2 点嗜好法検定表に照らし合わせて有意性を検定した。⁵⁵⁾
た。

3. 結 果

試験期間中の各正の飼料摂取量と増体量を一括して示すと表 IV-10 のようである。

表 IV-10. 去勢牛の増体と飼料の利用性

項 目	区 試験期(日)	対 照 区			試 験 区		
		0-112	113-168	0-168	0-112	113-168	0-168
開始時体重(kg)		442.3	586.7	442.3	443.1	576.2	443.1
増体量(kg)		144.3	72.9	217.2	133.1	43.6	176.7
1日あたり増体量(kg/日/頭)		1.29	1.30	1.29	1.19	0.78	1.05
飼料摂取量(kg/日/頭) ¹⁾		9.28	10.82	9.87	15.88	18.25	16.79
乾物摂取量(kg/日/頭) ¹⁾		8.04	9.38	8.56	8.59	9.87	9.08
濃厚飼料摂取量(乾物kg/日/頭)		8.04	9.38	8.56	7.25	8.33	7.67
DCP摂取量(kg/日/頭) ¹⁾		0.81	0.95	0.87	0.88	1.01	0.93
TDN摂取量(kg/日/頭) ¹⁾		7.16	8.34	7.60	6.68	7.68	7.06
1kg増体に必要な							
{ DCP(kg) ¹⁾		0.63	0.73	0.67	0.74	1.28	0.88
{ TDN(kg) ¹⁾		5.55	6.42	5.89	5.61	9.72	6.72
{ 濃厚飼料(乾物kg)		6.23	7.22	6.64	6.09	10.54	7.30

注) 1) 稻草を除いた量

1日1頭あたりの飼料摂取量は試験区で対照区よりも高かった。試験区の牛の1日1頭あたりの飼料摂取量は乾物量にして9.1kgであるが、その47.5%は牛糞サイレージで占められているので、牛糞サイレージは1日1頭あたり乾物量にして4.3kg採食されたことになる。

また、試験区の飼料の乾物中 15.6 % は牛糞であるので、試験区の牛は 1 日 1 頭あたり牛糞を乾物量にして 1.4 kg 摂取したことになる。

つぎに牛の増体曲線を図 IV-8 に示す。試験

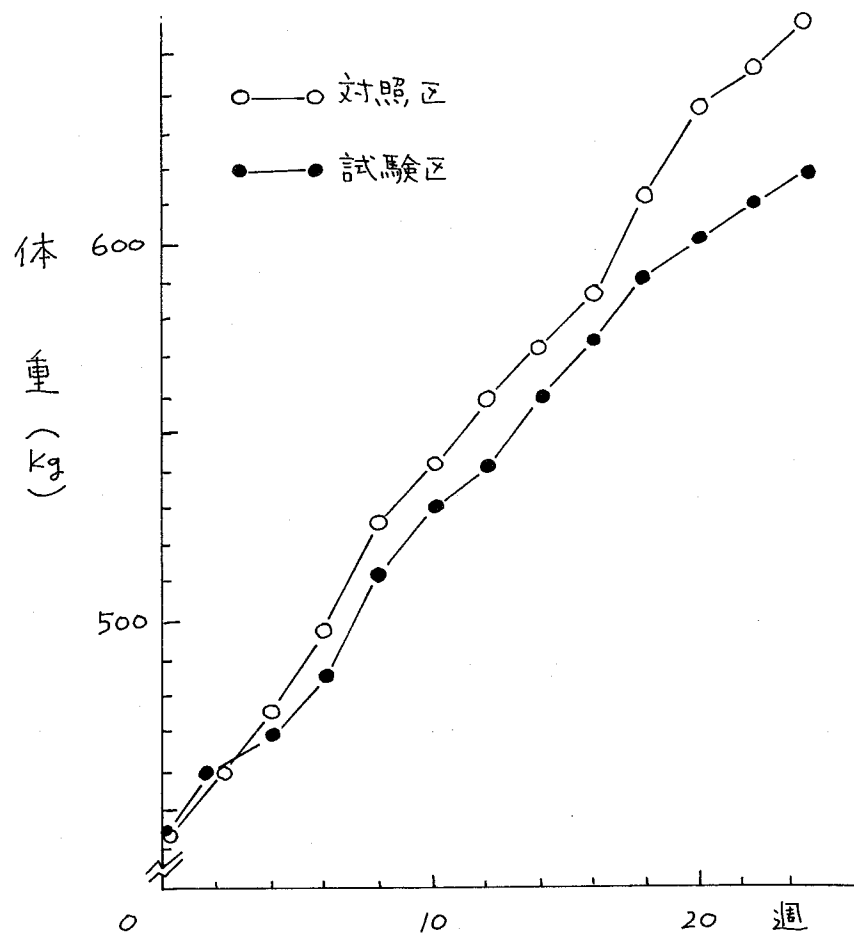


図 IV-8 . 去勢牛の増体曲線

期間を通じて増体量は対照区で試験区に比べて高かったが、とくに開始後 16 週目以降、試験区の牛の増体量は対照区のそれと比べて著

しく低かった。

と殺解体後の臓器検査の結果、対照区と試験区のルーメンパラケラトーシスコアはそれぞれ、 1.4 ± 1.0 と 1.2 ± 0.8 と差はなかった。また肝のう瘍の発生は対照区1頭、試験区2頭に認められたが、いずれも軽症であった。肺のう瘍は対照区に1頭認められただけであった。

表IV-11. 枝肉の性状検査結果

項 目	対照区	試験区
枝肉重量(kg)	$382.8 \pm 19.1^{1)}$	353.4 ± 27.2
枝肉歩留(%)	61.6 ± 1.2	61.3 ± 1.4
脂肪交雑	1.1	1.0
枝肉規格(頭)		
上	1	1
中	8	8
並	—	1
皮下脂肪の厚(mm)		
き甲*	12.9 ± 2.8	11.2 ± 2.6
腰	5.6 ± 1.0	6.2 ± 1.6
胸	19.9 ± 4.0	18.9 ± 3.2
D-ス芯面積 [*] (cm ²)	36.4 ± 4.5	34.6 ± 3.7

注) 1) 平均値 \pm 標準偏差

* 5-6間

枝肉を検査した結果を表IV-11に示す。枝肉重量は対照区で試験区に比べて高かった。しかし、表に示した他のすべての項目については対照区と試験区に差はなかった。

肉の味覚は表IV-12の結果が示すように対照区と試験区に差はなかった。

表IV-12. 食肉の味覚についてのパネルテストの結果

項 目 \ 区	対照区	試験区
外 観	20	22
香 り	25	17
やわらかさ	22	20
多汁性	17	25
総合的なおいしさ	18	24

注) 1) 各項目について対照区または試験区の肉がすぐれていると答えた人の数で示す。

4. 考 察

本試験の結果、牛は168日間にわたって牛糞サイレージを採食し続け、1日1頭あたり乾物量にして4.3kg摂取した。このことより牛糞サイレージの牛に対する嗜好性は悪いものではないと考えられるので、牛糞のサイレー

ジ化は牛に牛糞を食べさせる方法として有効なものと言ふことができる。

図 IV-8 に示すように牛の増体量は全期間を通して対照区で試験区より高いが両区の増体量の差は開始時から 16 週目までは、それ以降にみられるほど大きなものではない。そこで両区の牛の飼料の利用性を開始時から 16 週までとそれ以降とに分けて示すと表 IV-10 のようになる。すなわち、開始時から 16 週までの間は 1 kg 増体に要した TDN 量は試験区でやや高いものの 1 kg 増体に要した濃厚飼料の量は試験区でやや低い。Richter⁵⁶⁾等は肥育牛の排泄物を固液分離した固形部分と濃厚飼料を混ぜて牛に給与すれば、肥育に要する濃厚飼料の量を節約できることを示す結果を報告している。これらのことより、固形部分の飼料価値は前章第 2 節で示したように非常に低いものがあるが、肥育の初期から中期まではそれを飼料の一部として活用できるようにも思われる。しかし、牛の体重が 550 kg を越える 16 週以降

は試験区の牛の飼料の利用性が対照区に比べて著しく低い。表 IV-9 に示すように固形部分の飼料価値が低いために試験区の飼料の TDN 含量は対照区のそれと比べてかなり低い。肥育が進んだ状態になると牛の飼料要求量が高まるためにエネルギー水準の低い飼料では牛がこれを少々多く摂取しても、十分な増体に必要なだけのエネルギーを摂取できなくなると考えられる。したがって、牛の肥育後期には固形部分のようなエネルギー水準の低い飼料の給与は差し控えるのが良いと考えられる。

と殺解体後の臓器検査の結果は対照区と試験区との間にほとんど違いがなかった。このことと試験期間中試験区の牛の外見上の健康状態に異常がなかったことから、牛糞サイレージを牛に給与することが通常の飼料を給与することと比べてとくに牛の健康に悪影響を及ぼすとは考えられない。

枝肉検査の結果、枝肉重量は対照区で高いが、その他のすべての項目で両区に差はなか

った。(表 IV-11) Harpster⁵⁴⁾ 等は給与飼料に占める牛糞サイレージの割合が75%と高い場合には牛の増体量が低下し、と殺時体重が低いので生産される枝肉の質は低下するが、牛糞サイレージの給与飼料中の割合を50%以下にすれば、得られる枝肉の質は従来の飼料を給与した場合と変わらないとしている。さらに、Anthony⁴⁶⁾ は牛糞サイレージを給与して生産した枝肉の性状は従来の飼料の場合と変わらないとしている。これよりみて、増体さえ十分に行われれば牛糞サイレージを給与したものの枝肉の品質は通常飼料を給与したときとほとんど変わらないものと考えられる。

牛糞サイレージを給与した牛の肉の味覚は対照区のとそれと変わらない。Schake⁵⁷⁾ 等は牛糞の配合割合が給与飼料乾物の4.2%と低い飼料を給与した牛の肉についてパネルテストを実施して、とくに異常はないとしている。本試験では飼料乾物に占める牛糞の割合が16%とかなり高いが、このような飼料を給与され

る牛から得られる肉の味覚も通常の飼料を給
与される牛のそれと何ら変わらないものと考え
えられる。

第5節 要 約

牛糞は一般に動物による嗜好性の悪いものであるが、それをサイレージ化して嗜好性を高めることの検討を試みた。また、牛糞サイレージを肥育牛に給与したときの影響についても検討を加え、以下のような知見を得た。

1. 発酵的品質の高い牛糞サイレージを調製することを目的として、発酵を促進させるための添加物の種類と量を決定するために各種の添加物を添加割合を変えて牛糞と混合して密封し、できた牛糞サイレージの発酵的品質を調べた。その結果、特殊なすまを20～30%添加すれば発酵的品質の良い牛糞サイレージを調製できることが知られた。

2. 牛糞サイレージを実用規模で大量に調製する方法について検討し、そこで調製された牛糞サイレージをめん羊に給与して嗜好性ならびに消化率を測定した。その結果、牛糞

と特殊ふすまをそれぞれ重量比で70%と30%
に軽く混合したものをスクリーンコンベアー
を用いて十分に混合し、それをポリエチレン
製の袋に詰め込み、野積みする方法で、調製
時期が異なっても発酵的品質ならびに一般成
分組成にあまり変動のない牛糞サイレージと
調製することができた。また、牛糞サイレー
ジの可消化成分は乾物あたりTDN 61.6%、DCP
13.2%であった。また、牛糞サイレージをめ
ん羊に慣れせれば、そのみを採食するこ
とが知られた。

3. 牛糞サイレージを肥育牛に給与したと
きの影響を調べるために肉牛用配合飼料と圧
パンとうもろこしからなる飼料（対照飼料）
または牛糞サイレージと圧パンとうもろこし
からなる飼料（試験飼料）を牛に168日間給
与して、牛の増体量と飼料の利用率および枝
肉性状を調べ、またパネルテストを実施して
肉の味覚を調べた。牛は1日1頭あたり乾物

量にして 4.3 kg の牛糞サイレージを採食した。
1 日 1 頭あたりの増体量は対照区と試験区で
それぞれ、1.3 kg と 1.0 kg であり、1 kg 増体に要
する飼料の量（乾物量）は対照区で 6.6 kg、試
験区で 7.3 kg、1 kg 増体に要する TDN 量は対照
区 5.9 kg、試験区 6.7 kg であった。試験区の牛の
枝肉性状と肉の味覚は対照区のそれらと差は
なかった。

第5章 総括と結論

牛糞を反すう家畜用飼料として有効に活用するために必要な基礎的な知見を得ることを目的として、1) 牛糞を構成する成分の飼料学的な特質を明らかにすること、2) 牛糞の飼料価値を実験室内の分析から簡易に推定する方法の確立、3) 牛糞サイレージの調製と利用の検討；の3つの観点から検討を行った。それらの結果からつぎのように総括することができよう。

牛糞には通常用いられる植物性飼料とは異なり、内因性排出物や細菌残渣が含まれるけれども、牛糞中乾物は酵素処理を用いて反すう動物によつてほぼ完全に消化される細胞内容物質 (CC) 分画と繊維性炭水化物を主成分とする細胞膜成分 (CW) 分画とに分けられる。したがって、牛糞に酵素処理を中心とした分析法を適用することによりその飼料成分の特質をより明確にすることができる。

牛糞の乾物を酵素処理によつて CC と CW とに

分けてそれぞれの含量を求めると、CWがCCに比べて多く、CWのめん羊による消化率は14～36%の間にあり低い。したがって、牛糞は粗飼料的な性質を有するが、その繊維成分の利用性のかなり低い飼料であると言えることがで
きる。牛糞の粗たん白質(CP)含量は開花期のイネ科乾草のそれ、あるいはそれ以上であるが、このCPは酵素処理によって、消化性の高い酵素処理可溶CP(CCW-P)と消化性の低い処理残渣中CP(CW-P)とに分けられ、CCW-Pを慣用飼料のCPに比べて多く含む。これより牛糞のCPは慣用飼料のそれに比べて利用性の低いものであると考えられ、それは第一胃内細菌が牛の下部消化管で消化されたのちの残渣中CPと牛が摂取した飼料中の不消化CPが牛糞に含まれているためと思われる。牛糞の乾物中約70%は炭水化物で占められるが、その特質を酵素処理可溶炭水化物(NCWFE)と酵素処理残渣中有機物(OCW)の分画から検討すると、牛糞にはNCWFEは少なく、OCWが多いので、牛糞

中炭水化物の主構成成分は繊維性炭水化物であると考えられる。また、牛糞にはリグニンとケイ酸が多いために繊維性炭水化物の利用性は低く、稲わらのそれよりも低い。

一方、牛糞の飼料価値は牛に給与される飼料の量と質により大きく変動する。牛糞のなかには反すう動物に対して稲わらから開花期のイネ科乾草程度の飼料価値を有するものがあるが、それは濃厚飼料を主体とする飼料を多給される肥育牛の糞である。一方、粗飼料を主体とする飼料を維持要求量を満たす程度に給与される肉用種繁殖牛の糞の飼料価値はかなり低く、もみ殻程度である。肥育牛糞と肉用種繁殖牛糞の飼料成分を比較すると、CCP、NCWFEの含量は肥育牛糞が高く、リグニンとケイ酸は肉用種繁殖牛糞が高い。これは濃厚飼料を主体とした飼料を維持要求量をはるかに越えた水準で給与されている牛においては、飼料中のどん粉、たん白質、繊維性炭水化物が十分に消化されずに糞中へ移行するためで

あると考えられる。

このように牛糞の飼料価値は大きく変動するので、牛糞を飼料として有効に利用するには牛糞の飼料価値を簡易に把握する方法があれば便利である。飼料価値はたん白質は可消化粗たん白質 (DCP)、エネルギーは可消化養分総量 (TDN) または可消化エネルギー (DE) で示されることが多い。牛糞の DCP 含量は酵素処理可溶粗たん白質 (CCP) 含量を測定して両者の間の関係式から推定できる。一方、牛糞の TDN または DE 含量は可消化有機物 (DOM) 含量との間に高い正の相関係数と有意な回帰式が得られるので、DOM 含量を簡易に推定できれば可消化エネルギー含量を推定できる。DOM 含量は牛糞を第一胃内細菌で消化したものに得られる残渣を酵素処理する方法 (人工反刍胃法) によっても推定できるが、一方、まず牛糞を酵素処理してその有機物を細胞内容有機物 (OCC) と細胞膜構成有機物 (OCW) に分けてそれぞれの含量を測定し、ついで酵素

処理によつて抽出した牛糞の細胞膜成分 (CW) を第一胃内細菌によつて消化して OCW の第一胃内細菌による可消化成分 (Rb·DOCW) 含量を測定し、 $\langle \text{OCC} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW} \rangle$ 含量を求めることによつても推定できる。ここで、Rb·DOCW 含量は OCW 含量に第一胃内細菌による OCW 消化率 (Rb·OCWD) を乗じたものであり、Rb·OCWD はそれと <リグニン + ケイ酸> 含量の OCW 含量に対する割合 ($\langle \text{L+S} \rangle / \text{OCW}$) との間の回帰式を用いて $\langle \text{L+S} \rangle / \text{OCW}$ から求めることができる。つまり、OCC、OCW、リグニン、ケイ酸の各含量を実験室内で分析することによつて、 $\langle \text{OCC} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW} \rangle$ 含量を知ることができるので、これより DOM 含量を推定することが可能である。さらに、OCC 含量が乾物中 30% 以下の牛糞については OCC 含量と Rb·DOCW 含量との間に正の相関関係があるので、 $\langle \text{OCC} + \text{Rb} \cdot \text{DOCW} \rangle$ 含量と OCC 含量との間に有意な回帰式が得られる。したがって、これらの牛糞においてはそれに酵素処理を施して OCC 含量を求めるた

けで、 $\langle OCL + Rb \cdot DOCL \rangle$ 含量を知ることができ、これより DOM を推定することが可能である。

牛糞はそのままでは牛はこれをあまり採食しない。そのため牛糞を飼料として用いるためには何らかの処理を施す必要がある。牛糞にふすまを混合して袋に入れて密封すれば、品質のよいサイレージを容易に調製することができ、牛はこれをよく採食する。またこのような牛糞サイレージを長期間牛に給与して肥育しても牛の健康に何ら問題はないし、このようにして得られた牛肉の肉質や味に悪影響を及ぼすこともない。

以上のような牛糞のもつ飼料的な特性から図 V-1 に示すようなシステムによって牛糞を飼料として利用するのが適当と考える。すなわち、肥育牛あるいは乳用種泌乳牛糞はそれをサイレージ化して肉用種繁殖牛に給与する。それは牛糞の飼料価値が稍々うから開花期のイネ科乾草程度であり、それほど高くはない

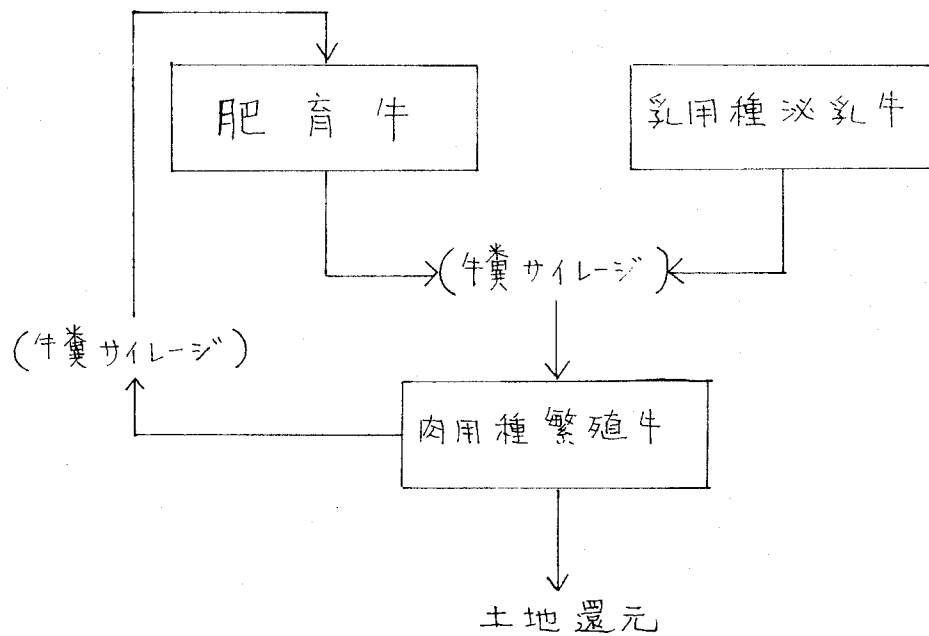


図 V-1. 牛糞の飼料特性に基づいて
想定されるリサイクリングシステム

ので、エネルギー要求量のあまり高くない牛の飼料として活用するのが合理的であり、また牛糞の主構成成分である繊維性成分は粗飼料を主体とした飼料を維持要求量程度に給与される牛において十分な消化を受け有効に利用されると考えたからである。

肉用種繁殖牛の糞には牛が利用できる栄養成分はほとんどないので、原則として土地還元するのがもっとも適当であるう。しかし、場合によつては肉用種繁殖牛の糞もさらに牛

糞サイレージとし、肥育牛の粗飼料源として
給与することもある。それは肉用種繁殖牛
の糞は繊維成分に富んでいるからである。た
だ、肉用種繁殖牛の糞は可消化エネルギー含
量の低いものであるので、それを肥育後期の
牛に多給することは差し控えるのが適当と考
えられる。

引用文献

- 1). Smith, L.W., Symposium : Processing agricultural and municipal wastes. (Inglett, G.E. ed.) 55-74. The AVI Publishing Company, INC. Westport, Connecticut. 1973.
- 2). Bhattacharya, A.N. and J.C. Tayler, J. Anim. Sci., 41: 1438 - 1457. 1975.
- 3). Smith, L.W. and W.E. Wheeler, J. Anim. Sci., 48: 144 - 156. 1979.
- 4). 農林水産省統計情報部, 畜産統計 (昭和58年5月31日公表)
- 5). 檜垣繁光, 畜産の研究, 32 : 756 - 760. 1978.
- 6). 門谷廣茂, 畜産の研究, 32 : 406 - 412. 1978.
- 7). 和賀井文作, 畜産の研究, 32 : 781 - 785. 1978.
- 8). 本村輝正・立小野主信, 畜産の研究, 32 : 898 - 902. 1978.
- 9). 農林水産省流通飼料課監修, 飼料便覧 1983. 農林統計協会. 東京. 1983.
- 10). 農林省畜産局, 飼料分析基準. 4-11. 1977.
- 11). 針生程吉, 動物栄養試験法 (森本宏監修). 初版. 201-207. 養賢堂. 東京. 1971.
- 12). 農林水産省農林水産技術会議事務局, 日本標準飼料成分表 (1980年版). 中央畜産会. 東京. 1980.

- 13). Lucas, D.M., J. P. Fontenot and K.E. Webb., Jr., J. Anim. Sci., 41: 1480-1486. 1975.
- 14). Newton, G.L., P.R. Utley, R.J. Ritter and W.C. McCormick, J. Anim. Sci., 44: 447-451. 1977.
- 15). Van Soest, P.J., J. Anim. Sci., 26: 119-128. 1967.
- 16). 農林水産省畜産試験場, 新しい飼料分析法とその応用. 49. 1981.
- 17). Kim, J.T., J.T. Gillingham and C.B. Loadht, J. A.O.A.C., 50: 340-343. 1967.
- 18). Van Soest, P.J., J. A.O.A.C., 49: 546-551. 1966.
- 19). 農林水産省畜産試験場, 新しい飼料分析法とその応用. 30-42. 1981.
- 20). 阿部亮・堀井聡, 日畜会報, 49: 733-738. 1978.
- 21). 阿部亮, 動物栄養試験法(森本宏監修). 初版. 351-352. 養賢堂. 東京. 1971.
- 22). 阿部亮・堀井聡, 日草誌, 25: 70-75. 1979.
- 23). 吉田実, 畜産を中心とする実験計画法. 初版. 87-101. 養賢堂. 東京. 1975.
- 24). Morrison, I.M., J. agric. Sci., 80: 407-410. 1973.
- 25). Mason, V.C., J. agric. Sci., 73: 99-111. 1969.
- 26). Van Soest, P.J., R.H. Wine and L.A. Moore, Proc. 10th. Intern. Grassland Congr., Helsinki, Finland. Paper 20. 1966.

- 27). Hoogenraad, N.J., F.J.R. Hird, R.G. White and R.A. Leng,
Br. J. Nutr., 24: 129-144. 1970.
- 28). Van Soest, P.J. and L.H.P. Jones, J. Dairy Sci., 51:
1644-1648. 1968.
- 29). 阿部亮・堀井聡・亀岡暄一, 畜試研報, 35: 101-116. 1979.
- 30). 農林水産省畜産試験場, 新しい飼料分析法とその応用. 21-30. 1981.
- 31). 吉田実, 畜産を中心とする実験計画法. 初版. 163-193. 養賢堂. 東京.
1975.
- 32). Reid, J.T., Ottilie D. White, R. Anrique and A. Fortin,
J. Anim. Sci., 51: 1393-1415. 1980.
- 33). 阿部亮・堀井聡・亀岡暄一, 畜試研報, 35: 91-100. 1979.
- 34). 征木茂彦・大山嘉信, 畜試研報, 31: 69-73. 1976.
- 35). 阿部亮・名久井忠, 日草誌, 25: 231-240. 1979.
- 36). 川島良治・鄭槿基・齊田二郎・村井充・田淵春三,
京都大学農学部家畜栄養学研究室業績 第47号
- 37). 吉田実, 畜産を中心とする実験計画法. 初版. 241-255. 養賢堂.
東京. 1975.
- 38). 森本宏, 飼料学. 第5版. 642-647. 養賢堂. 東京. 1974.
- 39). 阿部亮・堀井聡, 日草誌, 20: 16-21. 1974.
- 40). McDougall, E.I., Biochem. J., 43: 99-109. 1948.

- 41). 堀井聡・阿部亮・金康植・龜岡暄一, 畜試研報, 24:
99-105. 1971.
- 42). Tilley, J.M.A. and R.A. Terry, J. Brit. Grassl. Soc., 18:
104-111. 1963.
- 43). 吉田実, 畜産を中心とする実験計画法. 初版. 101-116. 養賢堂.
東京. 1975.
- 44). Wilson, G.F., N.N. Adeeb and R.C. Campling, J. agric.
Sci., 80: 259-267. 1973.
- 45). 吉田実, 畜産を中心とする実験計画法. 初版. 65-66. 養賢堂.
東京. 1975.
- 46). Anthony, W.B., Livestock Waste Management and Pollution
Abatement. Proc. Intern. Symp. on Livestock Wastes, Columbus,
Ohio, 293-296. 1971.
- 47). 農林省 白河種畜牧場, 鶏ふんの飼料化技術開発事業調査
成績 (第1報). 1978.
- 48). 大山嘉信, 動物栄養試験法 (森本宏監修). 初版. 412-413.
養賢堂. 東京. 1971.
- 49). 蔭山勝弘・森治夫・佐藤勝郎, 日畜会報, 44: 465-469. 1973.
- 50). 東京大学農学部農芸化学教室, 実験農芸化学 (上巻). 第19版.
119-120. 朝倉書店. 東京. 1974.

- 51). 箭原信男, 畜産の研究, 30:1425-1428. 1976.
- 52). Knight, E.F., T.A. McCaskey, W.B. Anthony and J.L. Walters, J. Dairy Sci., 60:416-423. 1977.
- 53). 大山嘉信, 日畜会報, 42:301-317. 1971.
- 54). Harpster, H.W., T.A. Long and L.L. Wilson, J. Anim. Sci., 46:238-248. 1978.
- 55). 二宮恒彦, 調理と物理・生理 (下田吉人等編集). 151-185. 朝倉書店. 東京. 1971.
- 56). Richter, M.F., R.L. Shirley and A.Z. Palmer, J. Anim. Sci., 50:207-215. 1980.
- 57). Schake, L.M., B.W. Pinkerton, C.E. Donnell, J.K. Riggs and R.E. Lichterwalner, J. Anim. Sci., 45:166-179. 1977.

略記号一覧

GE	総エネルギー
NFE	可溶無窒素物
DCP	可消化粗たん白質
TDN	可消化養分総量
DE	可消化エネルギー
CC	細胞内容物質(酵素処理可溶成分)
CW	細胞膜成分(酵素処理残渣)
ND	中性デタージェント
CP	粗たん白質
CC-P	酵素処理可溶粗たん白質
CW-P	酵素処理残渣中粗たん白質
NCWFE	酵素処理可溶炭水化物
OCW	細胞膜構成有機物(酵素処理残渣中 有機物)
TC	全炭水化物
NDF	中性デタージェント処理残渣
RAC	易利用性炭水化物
IVNDFD	中性デタージェント処理残渣の <i>in vitro</i> 消化率
DOM	可消化有機物
AR 法	人工反すう胃法
AR・DOM	人工反すう胃法を用いて求められる可消化有機物
OCC	細胞内有機物(酵素処理可溶有機物)
Rb・DOCW	第一胃内細菌による OCW の可消化成分
Rb・IDOCW	第一胃内細菌によって消化されない OCW
Rb・OCWD	第一胃内細菌による OCW の消化率
<L+S>	<リグニン+ケイ酸>
<L+S>/ocw	OCW に対する <リグニン+ケイ酸> の割合